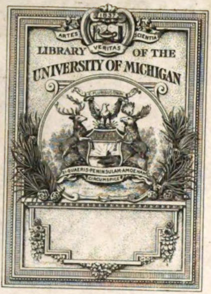
Untersuchungen aus dem Physiologischen Institute der ...

Universität Heidelberg, Universität Heidelberg. Physiologisches Institut

Digitized by Google



Digitized by Google

610.5
H46
U6

Digitized by Google

Digitized by Google

UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE

DER

UNIVERSITÄT HEIDELBERG.

ZWEITER BAND.

Digitized by Google

UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

46062

PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE

DER

UNIVERSITÄT HEIDELBERG.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. W. KÜHNE,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS.

ZWEITER BAND.

MIT 9 HOLZSCHNITTEN UND 10 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1882.

Digitized by Google

Alle Rechte vorbehalten.

Digitized by Google

Vergleichend-physiologische Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge.

Von **C. Fr. W. Krukenberg.**

(Hierzu Taf. 1.)

Aus meiner früheren Mittheilung [1]) ergibt sich, dass die Astacusleber wie die Drüsenschläuche von Periplaneta (Blatta) orientalis und die Lebern vieler Mollusken mehreren Leistungen dienen als die Leber der höhern Vertebraten. Im Folgenden sollen der Thatbestand dieser Verhältnisse eingehender behandelt und die Differenzpunkte zwischen den früheren Untersuchungen und Ansichten anderer Autoren klar gelegt werden.

Was ich früher über die Ausführung meiner Versuche gesagt habe, gilt auch für die, welche dieser Arbeit zu Grunde liegen. Stets war ich bestrebt, die einzelnen Organe oder Organtheile durch die Präparation möglichst frei von fremden Adhärenzen zu erhalten, indem ich mehr Werth darauf legte, die zum Theil ausgezeichneten morphologischen Arbeiten der Zoologen für das Verständniss der Funktion verwerthbar zu machen, als mich lediglich mit dem Nachweise eines Enzymes in einem complicirt gebauten Organismus zu begnügen. Deshalb wurde auch die histologische Untersuchung nicht ganz ausser Acht gelassen, welche besonders bei Insekten zu neuen Resultaten führte.

Alle Versuchsthiere wurden vivisecirt, was mir nothwendig erschien, da sich bei vielen die Organe postmortal sehr bald verändern.

---

[1]) Untersuchungen aus dem physiol. Institute der Universität Heidelberg. Bd. I. Heft 4. S. 327.

Digitized by Google

I. Die Verdauungsvorgänge bei einigen Cephalopoden und Pulmonaten.

Bei Sepiola Rondeletii, Sepia officinalis und elegans, Eledone moschata fand ich, wenn der Digestionstractus frei von Nahrungsstoffen war, einen braungelben Verdauungssaft von mehr oder weniger alkalischer[1]) Beschaffenheit. Dieser enthielt ein kräftig wirkendes diastatisches Enzym und verdaute während einer Stunde die hinzugefügte grosse Flocke rohen Fibrins in alkalischer Lösung (1 % $CO_3 Na_2$). Dieses Secret, welches sich so reichlich in dem Darmrohre angesammelt hatte, dass die Wände desselben prall gespannt waren, verhielt sich, was Farbe und Wirkung anbelangt, in allen Bezirken vom Anfang des Magens bis zum Enddarme hin gleichartig.

Es galt nun aufzufinden, aus welchem Organe dieses Secret stammte. Da war zuerst an die drüsigen Organe zu denken, welche als obere und untere Speicheldrüsen bekannt sind. Beide Gebilde sind aber, wie Versuche an Eledone, Loligo, Sepia und Sepiola mich lehrten, rein muciparer Natur und werden deshalb von mir künftig als obere und untere Pharynxschleimdrüsen bezeichnet werden. Für die Anschauung, dass diesen Drüsen nur die Bedeutung zukommt, die Nahrungsballen hinreichend schlüpfrig zu machen, damit sie befähigt sind das den Kopfknorpel durchsetzende enge Speiserohr zu passiren, scheint mir auch noch der Befund zu sprechen, dass Loligo vulgaris, dessen Oesophagus unter den mir zugänglichen Cephalopoden

[1]) *Claude Bernard* (Mémoire sur le pancréas. Comptes rendus. 1856. Supplément. T. I, p. 545) fand den Verdauungssaft sauer; es muss somit die Reaction desselben Schwankungen unterliegen. Dasselbe gibt er an für Ostrea edulis, bei welcher ich das Lebersecret selten schwach sauer, meistens neutral fand. Die Vermischung des Verdauungssaftes mit dem alkalischen Blute war bei meinen Versuchen durch längeres Abspülen der Organe vor Eröffnung des Verdauungsrohres vermieden.

Digitized by Google

an allen Stellen relativ der weiteste ist, die verhältnissmässig kleinsten Pharynxschleimdrüsen besitzt. Von grossem Interesse würde es sein zu erfahren, wie sich das Verhältniss bei Nautilus gestaltet, bei welchem nach *Owen's* Angabe[1]) die obern Pharynxschleimdrüsen nur in Spuren vorhanden sein, die untern ganz fehlen sollen.

Nachdem der gut gereinigte Darm und insbesondere die Spiralmägen — das Pancreas *Richard Owen's* (Lectures on the compar. Anat. of the invert. Anim. p. 300), und als solches von diesem Forscher den Appendices pyloricae der Fische verglichen, — einer grossen Anzahl von Cephalopoden mit negativem Resultate auf Enzyme untersucht waren, führte mich nach vielen vergeblichen Versuchen die Farbe der sogenannten Leber und besonders die Farbe ihres wässerigen Extractes auf den rechten Weg. Ich untersuchte den wässerigen, ClNa (0.5, 1.0, 2.0, 5.0, und 10.0 %) —, essigsäure-, salzsäurehaltigen Auszug auf eine nennenswerthe enzymatische Wirkung hin, aber alles mit negativem Erfolg.

Nur von der Eledone moschata und Sepia elegans gelangten Glycerinextracte der Lebern mit mir in die Heimath. Als ich dieselben hier abermals untersuchte, ergab sich, dass jetzt (nach etwa sechs Wochen) wenige Tropfen des Extractes sowohl eine starke diastatische Wirkung besassen, als auch im Laufe kaum einer Stunde in neutraler wie in 1 %iger Sodalösung rohes Fibrin fast vollständig (einen unbedeutenden Detritus hinterlassend) verdauten[2]). Bei Zusatz von Salzsäure

[1]) *Owen*, Mem. on the Nautilus. p. 23. Tafel 8. Fig. 7 g.

[2]) *Claude Bernard* (Recherches sur une nouvelle fonction du foie. Ann. des sc. nat. Troisième série. Zoologie. T. XIX. 1853. p. 331—335) constatirte schon früher das Vorkommen eines diastatischen, sowie eines fettzersetzenden Fermentes in dem Verdauungssafte von Sepia, Limax, Ostrea edulis und Anodonta. Auch gelang ihm in diesen Fällen die Chlorreaction.

Digitized by Google

entstand zwar ein Niederschlag, welcher aber eine Verdauung in 0,1 % ClH nicht immer verhinderte und sich, wenn von den Glycerinextracten nur geringe aber wirksame Mengen zugesetzt wurden, auch wieder vollständig löste. Die Wirkung bei neutraler und alkalischer Reaction sowie die in sauren Lösungen verlief bei 40° C. energischer als bei 20°, 16° und 10° C., obgleich sie auch bei letzteren Temperaturen nicht fehlte. Es herrscht also in diesem Punkte eine vollständige Uebereinstimmung mit allen zur Zeit bekannten eiweissverdauenden Enzymen der verschiedensten Thierklassen.

Ganz dieselben Enzyme fand ich im Lebersecrete resp. dem Leberextracte bei Arion rufus und ater, bei Limax cinereoater und agrestis. Bei den Limaciden, Helix nemoralis und pomatia reagirte der Mageninhalt und das Lebersecret deutlich sauer, wie *Th. Fr. W. Schlemm*[1]) bereits ausser für Helix und Limax noch für Limnæus und Planorbis nachwies. Auch *Claude Bernard*[2]) zeigte, dass bei Limax flavus der Verdauungssaft, welcher nach seiner Ansicht[3]) aus Drüsenzotten des Magens (deshalb von ihm auch „Magensaft" genannt) stammen sollte, saure Reaction besitzt. Bei diesen Mollusken musste ebenfalls das Glycerin mit dem zerriebenen Lebergewebe längere Zeit in Berührung bleiben, um in irgend nennenswerther Weise mit Enzymen geschwängert zu werden. Wenn die Lebern sorgfältig vom Darme abpräparirt waren, gelang hier zwar die einfachere Darstellung der enzymatischen Verdauungslösung mittelst der Selbstverdauungsmethode und bei Helix pomatia wie bei Mytilus edulis wurde von dieser Darstellungsweise auch ein

---

[1]) *Th. Fr. W. Schlemm*, De hepate ac bile Crustaceorum et Molluscorum quorundam. Dissertatio. Berolini 1844. S. 34.

[2]) *Claude Bernard*, l. c.

[3]) *Claude Bernard*, Leçons de physiologie expérimentale. T. II. 1856. p. 487—493.

Digitized by Google

ausgedehnter Gebrauch gemacht. Diese Extractionsmethode wird für die Lebern, welche neben peptischem auch tryptisches Enzym führen, aber nicht zu empfehlen sein; denn Versuche haben mir bewiesen, dass das tryptische Enzym in solchen Fällen sehr bald zersetzt wird, und dass zugleich auch das Pepsin sehr viel von seiner Wirkungsintensität einbüsst. Dieses Verhalten liess sich wenigstens bei Lumbricus terrestris, Limax cinereoater, Astacus und Periplaneta sicher feststellen. In solchen Fällen wird die *Wittich*'sche Methode der Glycerinextraction zu bevorzugen sein. Wurde bei Mollusken (z. B. bei Helix), deren Leber zwar nur ein peptisches Enzym producirt, bei der wässerigen Extraction der Darminhalt nicht sorgfältig von den Lebern entfernt, so konnte nur ein sehr schwach wirkender oder selbst ein ganz unwirksamer Auszug erhalten werden. Diese Erscheinung wird wohl mit Recht auf eine Fällung der Enzyme durch entstehende Niederschläge, zu welchen die Secrete von Schleimdrüsen die Veranlassung geben, zurückzuführen sein. Die Schwierigkeit der Extraction zwang dazu, dass bei den Mollusken ein von den später bei den Articulaten zu beschreibenden verschiedener Gang der Untersuchung eingeschlagen wurde, welcher aber, wie ich hoffe, nicht weniger beweiskräftige Ergebnisse lieferte.

Das Lebersecret ergiesst sich bei den Cephalopoden bekanntlich zwischen den Falten des Spiralmagens hindurch in den Darmkanal. Drückt man den mit dem Secrete gefüllten Spiralblindsack leicht zusammen, so bemerkt man, dass das Secret sowohl in den Magen wie in den hintern Abschnitt des Digestionstractus abfliesst. Eine ähnliche Einrichtung ist uns bei den Limaciden, Heliciden etc. durch *H. M. Gartenauer*[1]) bekannt geworden. Ich sehe die Function des Spiralmagens der

---

[1]) *H. M. Gartenauer*, Ueber den Darmkanal einiger einheimischen Gasteropoden. Jena 1875. S. 11—15 u. Fig. 3.

Digitized by Google

Cephalopoden lediglich darin, das Lebersecret in dem Verdauungsrohre dieser Thiere gleichmässig zu vertheilen, und erachte ihn analog den Blindsäcken des Darmes bei den Stylommatophoren.[1]) Bei Loligo vulgaris sind in demselben zwar

[1]) Um Wiederholungen zu vermeiden, sei gleich an dieser Stelle auf Folgendes aufmerksam gemacht.

Es sind in der Literatur die Angaben nicht selten, dass bei Mollusken und Articulaten die Speicheldrüsen saure Secrete, theils im Interesse der Vertheidigung dieser Thiere oder Auflösung äusserer Gegenstände, theils zur Verdauung der aufgenommenen Nahrung absondern.

Unter Anderem wurde diese Ansicht von *J. Müller* und *Troschel* für Dolium galea ausgesprochen, und manche Zoologen haben dasselbe von Pholadiden und Lithodomen, sowie von vielen Gastropoden (cf. *de Luca* und *Panceri*, Comptes rendus 1867. II, 577. 712) behauptet. Aus den vorliegenden Mittheilungen dieser Forscher scheint hervorzugehen, dass wir es hier mit dem Secrete vielleicht etwas nach vorn gerückter Lebern oder Leberabschnitte zu thun haben, da, nach meinen Untersuchungen zu schliessen, Speicheldrüsen den Mollusken vollständig fehlen. Die Sache kann nichts Auffallendes mehr haben, seitdem wir wissen, dass bei sehr vielen Mollusken und Articulaten das Lebersecret sauer und oft sehr sauer reagirt, dass dasselbe auch durch den Oesophagus nach aussen hin abgegeben werden kann (selbst bei Periplaneta orientalis). Jedenfalls dürfen diese Secrete bei Dolium, Cassis, Aplysia etc. nicht dem Magensafte höherer Thiere und noch viel weniger dem Speichel derselben oder vieler Articulaten, sondern vorläufig nur dem Lebersecrete der daraufhin untersuchten Mollusken verglichen werden.

Unter dem äussern Kalkdeckel (epiphragma) der überwinternden Helix pomatia findet sich meist eine mehr oder weniger grosse Zahl prall gespannter Häute, welche aber nicht, wie es mir anfangs schien, beim Abwerfen des Kalkdeckels verflüssigt werden, sondern einfach erweichen. Diese Erweichung scheint mir mit Hilfe des ausgeschiedenen sauren Lebersecretes zu geschehen, welches, wie Versuche mich lehren, dazu besonders geeignet ist, während (selbst warmes) Wasser diese oft sehr derben und widerstandsfähigen Membranen kaum nennenswerth geschmeidig macht.

Besonders interessiren müssen uns die *Leydig*'schen Beobachtungen an Corethra plumicornis (Anatomisches und Histologisches über die Larve von Corethra plumicornis. Zeitschr. f. w. Zool. 1851. Bd. III. S. 450), welche jetzt nicht mehr der von allen sonst Bekannten abweichenden Inter-

Digitized by Google

Drüsen nachgewiesen, welche aber ebenso sicher wie das *Hunter*[1]-*Siebold*'sche[2]) Pancreas, welches bei sehr vielen Cephalopoden nachgewiesen wurde,[3]) nur eine Zusatzflüssigkeit für das Lebersecret liefern werden.[4]) Dasselbe wird für die aus dem Verdauungstractus der Pulmonaten beschriebenen Drüsen zu gelten haben.

Aehnliche Verhältnisse, wie die eben beschriebenen, welche einen Transport der Secrete aus hintern nach vorderen Bezirken des Verdauungsrohres ermöglichen, scheinen sich bei höheren Vertebraten, bei welchen immer mehr oralwärts von den Verdauungsräumen die enzymatischen Secrete sich ergiessen, nicht mehr zu finden. Es können selbst, wie die Versuche von Herrn *Swięçicki*[5]) lehren, beim Frosch Enzyme an Stellen secernirt werden, an welchen die Reaction der Speiseballen ihre Wirkung gewöhnlich ganz verhindert, so dass sie erst in einem nachfolgenden Darmabschnitte ihre Verwendung finden.

Die enzymatischen Wirkungen, welche ich mit dem Secrete der Leber und ihrem Glycerinextracte bei den Limaciden, Heliciden und Cephalopoden erhielt, führen zu der Annahme einer Existenz **mehrerer** die Eiweisssubstanzen verdauender Enzyme, von denen die Lebersecrete verschiedener Familien und Classen der Mollusken verschiedene Mengen in verschiedener

---

pretation bedürfen, zu welcher *Leydig* griff. Auch bei der Larve dieses Zweiflüglers werden voraussichtlich die Verdauungsenzyme in Darmdrüsenzellen gebildet und erst nachträglich in den Pharynx hineingeschafft, wie es bei Mollusken und Articulaten sonst die Regel sein dürfte.

[1]) *Hunter*, The Catalogue of the physiological series etc. Vol. I, p. 229. Nr. 775.

[2]) *C. Th. von Siebold*, Lehrbuch d. vergl. Anatomie der wirbellosen Thiere. 1848. S. 393.

[3]) Ueber Vorkommen dieser Drüse, cf. *Siebold*, l. c.

[4]) Cf. Unters. aus dem physiol. Institute der Universität Heidelberg. Bd. I. Heft 4. S. 334.

[5]) *Pflüger's* Archiv, Band XVI. Heft 3. S. 122.

Digitized by Google

Mischung enthalten. Besonders wichtig sind in dieser Beziehung die Ergebnisse, wenn organische Säuren als Zusatzflüssigkeiten gewählt werden. Tabelle I. resumirt eine grosse Anzahl meiner Versuche, welche theils mit dem Glycerinextracte von Lebern, theils mit dem natürlichen Lebersecrete angestellt wurden: mit enzymatischen Flüssigkeiten, deren Wirkungsintensität in milchsaurer Lösung keine erhebliche Differenzen aufwies.

Tabelle I.[1])

Zusatzflüssigkeit.	Eledone moschata.	Sepia officinalis.	Sepia elegans.	Sepiola Rondeletii.	Arion ater.	Arion rufus.	Limax cin.-ater.	Limax agrestis.	Helix nemoralis.	Helix pomatia.	Limnaeus stagnalis.
Wasser (bei neutral. Reaction der Verdauungsflüssigk.)	+	.	.	.	+	.	.	.	.	0	.
Salzsäure von 0,1 bis 0,2 %	+	+	.	.	0	.	.	.	+	+	+
Sodalösung von 1%	+	+	+	+	+	.	.	+	0	0	0
Oxalsäurel. v. 0,4 %	+	.	.	.	+	.	.	.	+	+	0
dito von 1 % . .	+	.	+	.	+	.	.	.	+	+	0
dito von 2 % . . .	+	.	.	.	0	.	+	0	+	+	0
Weinsäurelösung v. 0,4 %	.	.	.	.	+	+	+	.	+	+	.
dito von 1 % . .	+	.	+	.	+	+	.	.	.	+	.
dito von 2 % . .	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Essigsäurelösung v. 0,2 %	+	.	.	.	+	.	+	+	.	+	.
dito von 0,4 % . .	+	.	.	.	0	+	.	.	+	+	.
dito von 1 % . .	+	.	.	.	.	+	+	.	.	+	.
dito von 2 % . .	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Milchsäurelösung v. 0,4 %	+	.	.	.	+	+	.	.	.	+	+
dito von 1 % . .	+	.	.	.	.	+	.	.	+	+	+
dito von 2 % . .	+	.	+	.	.	+	+	.	.	+	+

1) Die auf der Tabelle verzeichneten Resultate wurden mittelst der Secrete und Leberauszüge von stets mehreren Individuen (Sepia elegans 6, Eledone moschata an 20, Helix pomatia 50—60, Limax 10—20)

Digitized by Google

Vergleicht man zuerst die für die Heliciden und Limnæus stagnalis gewonnenen Resultate mit denen, welche die Untersuchungen bei den übrigen Mollusken ergaben, so zeigt sich mit Evidenz, — da z. B. bei Helix das Secret in 1%iger Sodalösung, sowie bei neutraler Reaction unwirksam,[1]) in sauren Lösungen (in 0,4 %iger Essigsäure, 2 % Oxalsäure und in 0,1—0,2 % Salzsäure), in welchen das sehr wohl bei alkalischer Zusatzflüssigkeit wirkende Lebersecret der Limaciden nicht wirkte, hingegen sehr wirksam sich erwiesen, — dass bei Limaciden und Cephalopoden mindestens zwei verschiedene eiweissverdauende Enzyme, ein tryptisches und ein peptisches angenommen werden müssen, wie ich das gleichfalls für einige Articulaten später zu beweisen versuchen werde. Während das Lebersecret der Heliciden und von Limnæus stagnalis wenigstens im Winterschlafe [2]) der Thiere des pankreatischen

---

erhalten, so dass sie einigermassen als Durchschnittswerthe gelten können. Die Versuche wurden, wenn es nöthig schien, mehrfach wiederholt und immer durch Controlversuche sicher gestellt. Die Einwirkung liess ich bei dem als zweckmässig erkannten Salicylsäure- resp. Thymolzusatze drei Tage währen, und alle Lösungen, welche während dieser Zeit keine Wirkung erkennen liessen, sind durch eine Null bezeichnet. Eine specialisirte Angabe der Zeit, in welcher die Wirkung eintrat, hat für meine aus diesen Versuchen gezogenen Schlüsse keine Bedeutung und unterblieb deshalb.

[1]) Es sei bemerkt, dass es ebenfalls misslang mit schwacher Milchsäure- oder Salzsäurelösung ein irgendwie wirksames tryptisches Enzym aus diesem Organe zu extrahiren. Ebenso wenig wie bei Helix gelang nach diesen Methoden die Extraction eines tryptischen Enzymes bei Limnæus stagnalis und Paludina vivipara, ferner auch bei Mytilus und Ostrea edulis.

[2]) Nach meinen Untersuchungen scheint es, dass die Verdauung der Wirbellosen im Winter mehr durch rein peptische Enzyme bewerkstelligt wird. Ich darf behaupten, dass bei meinen Heliciden jede Spur eines tryptischen Fermentes fehlte, da grosse Mengen dieser Thiere zu meinen Versuchen verwendet wurden, während doch z. B. *Fredericq* (nach *Hoppe-Seyler's* Mittheilung in seiner physiologischen Chemie. II. Theil, S. 248) von einer Pancreasverdauung der Weinbergsschnecken spricht.

Digitized by Google

Enzymes ganz baar ist, erweist sich das Lebersecret der Limaciden, besonders das von Limax cinereo-ater und Arion rufus reicher an dem tryptischen als an dem peptischen Enzym. Mit dem Leberglycerinextracte von Eledone moschata erhält man nach meinen Versuchen entschieden eine stärkere fibrinverdauende Wirkung in saurer als in alkalischer Lösung: eine Thatsache, welche sich auch für viele Limaciden constatiren liess und direkt die Annahme widerlegt, dass es sich hier lediglich um eine Pancreasverdauung handle.

Zweitens ergibt sich aus dieser Tabelle, dass in saurer Lösung die enzymatische Wirkung des Lebersecretes unserer Cephalopoden und Limaciden am stärksten in milchsaurer, weinsaurer und oxalsaurer, schwächer in essigsaurer und am schwächsten in salzsaurer Lösung ist, was zwar keineswegs beweist, dass dieses Enzym mit dem Pepsin der höhern Vertebraten nicht identificirt werden darf. Zur Entscheidung der Frage, ob das tryptische Enzym der Mollusken das Trypsin *Kühne's* ist, bedarf es fortgesetzter Untersuchungen, da ich weder im Stande war unter den Verdauungsproducten bei alkalischer Lösung Leucin und Tyrosin aufzufinden, noch in unzweifelhafter Weise die Bromwasserreaction zu erhalten.

Drittens lehrt aber unsere tabellarische Uebersicht, dass das peptisch wirkende Enzym vieler dieser Mollusken sich nicht ganz identisch mit dem verhält, welches bei Articulaten und Conchiferen von mir näher studirt wurde.

Diese Versuche haben zu ferneren unerwarteten Ergebnissen

Im Widerspruch zu meinen im August v. Js. gewonnenen Ergebnissen bei Cyprinus carpio und zu denen anderer Autoren bei Cyprinus tinca konnte ich auch vor Kurzem (Januar) aus der Darmmucosa des letztgenannten Cyprinoiden ausser Trypsin ein kräftig wirkendes Pepsin extrahiren. Es würde hiernach die Schleihe (im Winter?) in Betreff der Vertheilung der eiweissverdauenden Enzyme im Digestionstractus den Uebergang bilden von dem Karpfen zu den Leuciscinen.

Digitized by Google

geführt, welche in der Tabelle keinen Ausdruck finden konnten. Während wahres Pepsin, wie meine Untersuchungen mir zeigen, durch Digeriren mit einer 2 $^0/_0$igen Oxalsäurelösung (drei Tage lang liess ich die Einwirkung sich vollziehen) ebensowenig etwa von seiner Wirksamkeit einbüsst, als wenn man statt der Oxalsäurelösung eine 0,1 $^0/_0$ige Salzsäure oder 2 $^0/_0$igeMilchsäure anwendet, wird das peptische Enzym, welches, soweit meine Kenntnisse reichen, ziemlich rein in den Lebern von Mytilus edulis enthalten ist, nach kurzer Zeit (zwei bis drei Stunden genügen bei Anwendung einer 2 $^0/_0$igen Oxalsäure hinlänglich, um eine in milchsaurer Lösung stark wirkende enzymatische Flüssigkeit unwirksam zu machen) auf das vollkommenste zerstört. Diese merkwürdige Thatsache beweisen folgende meiner zahlreichen und unter sich in jeder Beziehung vollständig übereinstimmenden Versuche, welche mit einem in Salzsäure, Essigsäure, Weinsäure und Milchsäure fast gleich gut und sehr rasch wirkenden Mytilusleberglycerinextracte angestellt wurden.

Folgende Gemische:

1) 5 gr. Enzymat. Glycerinextract,
2,5 gr. 4 $^0/_0$ige Oxalsäure,
2,5 gr. 0,2 $^0/_0$ige Salzsäure,
10 gr. Flüssigkeit,

2) 5 gr. Enzymat. Glycerinextract,
2,5 gr. 4 $^0/_0$ige Oxalsäure,
2,5 gr. Wasser,
10 gr. Flüssigkeit,

3) 5 gr. Enzymat. Glycerinextract,
5 gr. 4 $^0/_0$ige Oxalsäure,
10 gr. Flüssigkeit,

4) 5 gr. Enzymat. Glycerinextract,
5 gr. 0,2 $^0/_0$ige Salzsäure,
10 gr. Flüssigkeit,

setzte ich sechs Stunden lang einer Temperatur von 40° C. im Wasserbade aus. Die Flüssigkeiten wurden sodann durch Dialyse im fliessenden Wasser von den Säuren befreit und darauf mit Milchsäure, weil bei Zusatz dieser Säure mir die Wir-

Digitized by Google

kung am raschesten einzutreten scheint, versetzt. Es zeigte sich in ganz evidenter Weise, dass die enzymatische Lösung, welche mit Salzsäure versetzt gewesen war, so gut wie nichts von ihrer ursprünglichen Wirksamkeit verloren hatte. Alle andern Gemische — wie durch Zusatz von Kalkwasser erkannt wurde, durch die Dialyse vollständig oxalsäurefrei geworden — waren absolut unwirksam, denn das Enzym war durch die Oxalsäure zerstört. Fernere Versuchsreihen lehrten, dass es für die Wirkung der Oxalsäure ganz gleichgültig ist, ob ausser ihr noch andere Säuren (wie Milchsäure, Essigsäure, Weinsäure, Salzsäure) vorhanden sind oder nicht. Die zur vollständigen Zerstörung dieses peptischen Enzyms erforderliche Zeit hängt lediglich von der Menge der vorhandenen Oxalsäure und des Enzyms ab. Ist wenig Oxalsäure vorhanden, die Lösung hingegen reich an Enzym, so lässt sich sehr wohl eine fibrinverdauende Wirkung des Mytilusleberglycerinextractes in der oxalsäurehaltigen Lösung erzielen, wie Tabelle II. lehrt. Während jedoch in einer Lösung von gleichem Enzymgehalt, welche mit Milchsäure, Salzsäure, Weinsäure oder Essigsäure versetzt ist, nur die Zunahme der Concentration resp. der Verbrauch des Enzymes der Fibrinverdauung Einhalt thut, gelingt dieVerdauung des rohen Fibrins in der oxalsäurehaltigen enzymatischen Lösung nur in sehr beschränktem Maasse. Sehr bald ist in dieser die Wirkung verschwunden, um nie wiederzukehren, welcher Kunstgriffe man sich auch bedienen mag. Diesem peptischen Enzyme kommt auch die Eigenschaft zu in essigsaurer Lösung gekochtes Fibrin zu verdauen[1]). Nie trat bei meinen Versuchen diese Wirkung ein, wenn Salzsäure oder Milchsäure als Zusatzflüssigkeiten gewählt waren. Es ist dieses eine andere Eigenschaft, durch welche es sich von dem gleich zu besprechenden peptischen Enzyme, wel-

[1]) Nach meinen Versuchen wirkt 2%ige Oxalsäurelösung rascher zerstörend auf das Trypsin ein als 0,1%ige Salzsäure oder 2%ige Milchsäure.

Digitized by Google

ches sich bei Cephalopoden und Pulmonaten findet, unterscheidet.

Wesentlich abweichend von diesem fernerhin als **Conchopepsin** zu bezeichnenden Enzyme verhält sich jenes, welches unvermischt mit andern Enzymen sich bei Helix pomatia findet. Dieses wird ebensowenig, wie das Pepsin der Vertebraten, mit welchem es jedoch keineswegs identisch ist, von Oxalsäure zerstört. Vom Pepsin unterscheidet es sich dadurch, dass ihm, wie ich behaupten darf, vollkommen die Fähigkeit abgeht, gekochtes Fibrin zu peptonisiren, während rohes rasch verdaut wird. Bei Zusatz von organischen Säuren (und ganz besonders in verdünnteren Lösungen derselben) wirkt es am energischsten, in Salzsäure langsamer. Gewöhnlich ist zwar eine sehr beträchtliche Verzögerung bei Salzsäurezusatz bemerkbar, welche aber auf den entstehenden Niederschlag zurückzuführen ist. Versuche — bei welchen dieser abfiltrirt, das Filtrat dialysirt und darauf in zwei Portionen getheilt wurde, deren eine mit Salzsäure angesäuert, während die andere mit Milchsäure, resp. Essigsäure, oder Oxalsäure versetzt wurde — beweisen, dass die Salzsäure sich bei weitem nicht so schlecht als Zusatzflüssigkeit eignet, als man vielleicht nach oberflächlichen Untersuchungen annehmen möchte. Lösungen, in welchen bei Zusatz des enzymatischen Glycerinextractes kein Niederschlag sich bildete, wirkten sehr rasch fibrinverdauend. Dieses Enzym wird von mir künftig **Helicopepsin** genannt.

Am sichersten kann man sich von der Verschiedenheit des Conchopepsin und Helicopepsin durch folgende Versuche überzeugen: Etwa 5 gr. eines kräftig wirkenden Glycerinextractes der Mytilus- und Helixlebern werden jede für sich in einem Probirgläschen mit 10 gr. einer 0,2 %igen Salzsäure versetzt, bei deren Zusatz kein Niederschlag entstehen darf. Fügt man nun 5 gr. einer 8 %igen Oxalsäurelösung, — wodurch man eine 2 % Oxalsäure enthaltende

Flüssigkeit erhält, und welche sich auch bei dem Oxalsäurezusatz nicht getrübt hat, — hinzu, so zeigt sich nach kaum zehnstündiger Digestion der beiden Flüssigkeiten bei 40° C., dass die helicopeptische Lösung das hinzugefügte rohe Fibrin fast ebenso gut wie vor dem Oxalsäurezusatz verdaut, während die andere Flüssigkeit vollkommen unwirksam geworden ist. Diese Versuche wurden von mir wiederholt angestellt und lieferten stets die nämlichen unzweideutigen Resultate.

Andere Versuche, zu welchen Herr Geh. Rath *Kühne* mich anregte, haben dargethan, dass eine mehrstündige Digestion mit Soda (die enzymatische Flüssigkeit wurde dabei auf einen Gehalt von 1% an diesem Salze gebracht) bei 40° C. sowohl das Pepsin und Helicopepsin, als auch das Conchopepsin gänzlich vernichtet. Das zeigte sich nicht nur, wenn die Alkalescenz der Flüssigkeit später durch Salzsäure übercompensirt wurde, sondern auch, wenn die Soda vor dem Säurezusatz durch Dialyse entfernt war.

Die Eigenschaften dieser Enzyme entfernen sich soweit von denen des Trypsins, dass es unnöthig ist auf die Differenzpunkte, welche sich aus dem Vorigen leicht herausfinden lassen, aufmerksam zu machen. Nur sei erwähnt, dass Trypsin bei 40° C. nach längerer Einwirkung von Oxalsäure (0,4 — 2%) ebenso vollständig wie durch jede andere daraufhin untersuchte Säure zersetzt wird. Höchstens liesse sich eine Uebereinstimmung eines dieser Enzyme mit dem Digestin (*Thiry's* Darmenzym) vermuthen, dessen Eigenschaften jedoch zu wenig sichergestellt sein dürften, um einen solchen Vergleich zu ermöglichen. [1])

Das peptisch wirkende Enzym in den Lebern und in der Galle von Cephalopoden und Limaciden verhält sich wie Helicopepsin. Die Frage, ob sich hier neben demselben noch etwas Conchopepsin findet, wird sich schwer entscheiden lassen. Das peptisch wir-

[1]) In dem Glycerinextracte der Lebern von drei zur Untersuchung verwendeten Ostrea edulis vermisste ich das diastatische Enzym.

Digitized by Google

kende Enzym von Ostrea edulis scheint mir reines Conchopepsin zu sein; über das von Limnæus und Planorbis sind weitere Untersuchungen abzuwarten.

Die Lebern (sowie deren enzymatisch wirkendes Secret), welche von Cephalopoden (Eledone, Sepia) und Pulmonaten (Helix pomatia) auf das Vorkommen von diastatischem Enzym untersucht wurden, fand ich reich an diesem. Sie gleichen demnach auch in dieser Beziehung den Leberschläuchen von Astacus fluviatilis und Periplaneta orientalis, welche wie die Leber von Mytilus edulis [1]), die Darmdrüsen von Hydrophilus piceus, die sogenannten Chloragogenzellen von Lumbricus terrestris, reich an diastatischem Enzym sind. Andererseits aber unterscheiden sie sich dadurch von den Lebern der meisten Vertebraten.

Der Zucker, welcher in allen Molluskenlebern meist in reichlicher Menge vorkommt, wurde aus den Secreten und Extracten auf das vollständigste mittelst Dialyse im fliessenden Wasser entfernt und die Resultate durch Controlversuche gestützt. Bei diesen Untersuchungen wurde stets die durch Dialyse zuckerfrei gemachte enzymatische Lösung in zwei Portionen getheilt, beiden gleiche Quantitäten Stärkekleister zugesetzt und in der einen das Enzym durch Kochen zerstört. Während nach $^{1}/_{2}$—1stündiger Digestion bei 40° C. die gekochte Lösung sich vollständig zuckerfrei erwies, zeigte die *Trommer*'sche Probe in der andern Portion einen grossen Zuckergehalt an.

In derselben Weise wurden die sogenannten Speicheldrüsen nicht nur mehrerer Cephalopoden, sondern auch die von Arion rufus und Helix pomatia auf das Vorkommen des diastatischen

[1]) Beobachtungsfehler können bei diesem Versuche schwerlich jemals unterlaufen, weil das gekochte Fibrin in dieser Flüssigkeit nicht aufquillt. Dasselbe zerfällt nach und nach in immer kleinere Stücke, welche zuletzt nur eine geringe Menge Detritus hinterlassen.

Digitized by Google

Enzyms geprüft. Bei der Präparation dieser Organe war mit aller Sorgfalt darauf geachtet, dass das Verdauungsrohr unverletzt erhalten blieb. Nie gelang es mir nur eine Spur von diastatischem Enzym in diesen Organen aufzufinden, so dass kaum ein Zweifel darüber bestehen kann, dass diese Drüsen mit Unrecht im functionellen Sinne „Speicheldrüsen" genannt werden.

Die Kenntniss der vorgenannten eiweisszersetzenden Enzyme und des die Stärke saccharificirenden reicht nicht aus zum richtigen Verständnisse der Molluskenleber. *Claude Bernard*[1]) beschreibt von Limax flavus einen so merkwürdigen und interessanten Mechanismus der Lebersecretion, dass ich mir nicht versagen kann, dessen Beschreibung, übersetzt, an dieser Stelle einzuschalten. „Wenn man den Magen- und Darminhalt von Limax flavus untersucht und zwar bei Thieren, welche lange gehungert haben, so kann man die Gegenwart einer sehr braunen Galle nachweisen, doch in derselben keine Spur von Zucker. Nehmen die Thiere aber dann Nahrung auf, so ergiesst sich ein saurer Magensaft, welcher sich mit der Nahrung mischt und in welchem sich auch kein Zucker findet. Diesen Befund macht man aber nur so lange, als die Verdauung währt, und sobald die Nahrung fast vollständig aus dem Magen in den Darm übergetreten ist, ergiesst sich aus dem Ductus choledochus nahe dem Pylorus eine farblose zuckerhaltige Flüssigkeit in den Magen. In dem Maasse als die Absorption im Darm fortschreitet, vermehrt sich die Secretion dieser zuckerhaltigen Flüssigkeit in der Leber so sehr, dass der Magen bald von dem Secrete angefüllt und ausgedehnt wird. Die Secretion der zuckerhaltigen Flüssigkeit und der Erguss derselben in den Magen erfolgt somit nach der sogenannten Magenverdauung und fällt mit der Absorptionsperiode im Darme zeitlich zusammen. Diese Flüssigkeit sammelt sich dann auch in

---

[1]) *Cl. Bernard*, Recherches sur une nouvelle fonction du foie. Ann. des sciences nat. 3e série, 1853, t. XIX, p. 332.

Digitized by Google

dem nach dem Magen zu sich weit öffnenden Ductus choledochus und staut sich, nachdem der Magen ausgedehnt ist, in der Leber selbst an. So kommt auch in der Leber eine sehr beträchtliche und auffällige allgemeine Dilatation zu Stande. Bald aber verringert sich der Umfang des Magens, des Ductus choledochus und der Leber in Folge der Absorption dieser Flüssigkeit. Diese Aufsaugung wird vorzugsweise im Magen erfolgen, wo das Secret sich besonders anzusammeln scheint, ohne in den Darm überzutreten. Wenn die Absorption fast vollendet ist, secernirt die Leber eine andere Flüssigkeit, die sich in keiner Weise von der Galle unterscheidet. Das Secret, welches sich dann aus dem Ductus choledochus ergiesst, verarmt nach und nach immer mehr an Zucker, wird zugleich immer mehr gefärbt und ist zuletzt reine zuckerfreie Galle, wie man sie in dem Verdauungsrohre der nüchternen Limax findet. Dann verschwindet die Turgescenz der Leber und ihr Volum nimmt ab. Diese dunkle Galle, welche zuletzt secernirt wurde, scheint nicht merklich resorbirt zu werden; sie bleibt im Darme und man findet sie mehr oder weniger eingedickt und mit ihrer braunen Farbe noch bei der folgenden Verdauungsepoche.“ [1]) Besonders wichtig dürfte an dieser Mittheilung der Befund einer Zuckerbildung in der Leber sein, welcher mich veranlasst, für dieses Organ auch den Charakter der Leber höherer Vertebraten in Anspruch zu nehmen. Ferner folgt aus den Versuchen *Claude Bernard's* an Limax flavus,

[1]) Nach den Angaben von *F. Plateau* (Recherches sur les phénomènes de la digestion chez les Insectes. Mém. de l'acad. royale de Belgique. T. XLI. Partie I., p. 53), dessen Schlüsse jedenfalls einer Rectification bedürfen, findet sich vielleicht ein diesem ganz identischer Vorgang bei Hydrophilus piceus. Ebenso leicht dürfte sich jetzt auch das Räthsel lösen, welches uns *Leydig* (Ueber Paludina vivipara. Z. f. w. Z. 1850, S. 169 Anm.) mittheilt. *Leydig* fand nämlich bei zum Winterschlaf sich anschickenden Paludinen die Leber sehr verschieden gefärbt und verwerthet diesen Befund zu Gunsten seiner Ansicht, nach welcher „fetthaltige Zellen in gallenstoffhaltige unmittelbar übergehen“ sollen.

Digitized by Google

dass die Gallensecretion bei diesen Thieren keine stetige, wie bei den höheren Vertebraten ist.

Sirodot[1]) will in den Lebern von Helix pomatia glycocholsaures Natrium nachgewiesen haben. Dieses ist die einzige mir bekannt gewordene Mittheilung über das Vorkommen eines specifischen Gallenstoffes bei Evertebraten.

Um mich über den Werth dieser Angabe zu versichern, extrahirte ich die fein zerriebenen Lebern 46 grosser Exemplare von Helix pomatia mit kochendem Alkohol, filtrirte siedendheiss den alkoholischen Auszug durch Thierkohle, um die Farbstoffe zu entfernen, dampfte das Filtrat zur Trockne ein und nahm den Rückstand (mit einer in Wasser gelösten Probe desselben gelang die *Pettenkofer*'sche Gallenreaction nicht) mit sehr wenig absolutem Alkohol auf. Dieses Extract wurde mit Aether im Ueberschuss versetzt. Der dabei entstehende Niederschlag war, wie die üblichen Reactionen bewiesen, vollständig frei von Gallensäuren. Nach der *Strecker*'schen Methode wurde ebenfalls nur ein negatives Resultat erzielt.

Die Absorptionsspectren der alkoholischen Auszüge von den Molluskenlebern, welche neben einigen andern vergleichsweise dargestellten Spectren die beigegebene Tafel veranschaulicht, liessen es mir, zumal der bei Eledone moschata gefundene schwache Streifen vor D mit dem als zweiter bezeichneten Streifen der Rindsgalle coincidirte, wünschenswerth erscheinen, auch auf die Gallenfarbstoffe die Untersuchung auszudehnen. Bei diesen Untersuchungen wurde folgendermaassen verfahren:

Die farbstoffreiche wässerige Lösung wurde mit Ammoniak und Chlorbarium versetzt und der entstandene stark gelb gefärbte Niederschlag mit essigsäurehaltigem Alkohol ausgezogen; die gefärbte Lösung eingedampft und mit natronhaltigem Wasser aufgenom-

[1]) *Sirodot,* Recherches sur les sécrétions chez les Insectes. Ann. des sciences nat. Série IV. T. X, p. 145.

men. Die *Gmelin*'sche Gallenfarbstoffreaction liess sich mit dieser schwach gefärbten Lösung nicht erhalten. Auch darf schon aus der Thatsache, dass sich das Leberpigment der Mollusken leicht in reinem Wasser und in fetten Oelen löst[1]), fast unlöslich aber in Chloroform ist, seine Verschiedenheit von den typischen Gallenfarbstoffen gefolgert werden[2]). Auch habe ich gefunden, dass bei Mytilus edulis spectroskopisch ein und dasselbe Pigment Kiemen, Eierstöcke, Mantel wie Leber färbt, was zwar, wie sich gleich zeigen wird, nicht ohne Weiteres beweisen kann, dass diese Farbstoffe mit den echten Gallenpigmenten nicht identisch oder ihnen nicht functionell gleichwerthig sind.

Seitdem es durch die Untersuchungen von *Kühne*, *Jaffé*, *Maly* und *Hoppe-Seyler* im höchsten Grade wahrscheinlich geworden ist, dass die Gallenfarbstoffe Abkömmlinge des Hämoglobins sind, dürfen wir jene mit grösserer Zuversicht auch wohl nur bei denjenigen Evertebraten zu finden hoffen, in deren Geweben Hämoglobin nachzuweisen ist[3]). Ein solcher Nachweis würde für die Stoffwechselfrage von grosser Bedeutung sein und würde gleichzeitig eine weitere Uebereinstimmung zwischen den Lebern der Wirbellosen und der Vertebraten documentiren. Die ganze Entscheidung der Frage, ob man berechtigt ist, die Evertebratenleber mit der der Wirbelthiere zu analogisiren, wird aber schwerlich an diesen Befund allein geknüpft werden können;

---

[1]) Nähere Angaben über den Farbstoff der Helixleber finden sich in der bereits citirten Abhandlung von *T. F. W. Schlemm.*

[2]) Die Abwesenheit von Bilirubin und Biliverdin in der Astacusleber wurde bereits von *T. F. W. Schlemm* (l. c. p. 36) constatirt, welcher in derselben reichlich Cholestearin fand. Cf. auch *F. Hoppe-Seyler* in *Pflüger's* Archiv, Bd. XIV. S. 399.

[3]) Nach den Angaben *Ray Lankester's* sind günstigere Erfolge bei der Untersuchung des Leberextractes folgender Mollusken zu erwarten: Limnæus, Paludina, Planorbis, Littorina, Patella, Chiton, Aplysia, Solen legumen etc.

Digitized by Google

denn, wie sich aus folgendem kurzen Resumé der spectralanalytischen Arbeiten über das Vorkommen des Hämoglobins und anderer Farbstoffe im Thierreiche ergeben wird, ist weder die Hämoglobinbildung charakteristisch für das Blut, noch die Gallenfarbstoffbildung charakteristisch für die Leber. Seit den interessanten Beobachtungen von *Nawrocki*[1]), *Ray Lankester*[2]), *Moseley*[3]) u. A., welche die Gegenwart des Hämoglobins bei den verschiedensten Classen der Wirbellosen dargethan haben, hat bekanntlich das Hämoglobin aufgehört, ein typischer Stoff für die Vertebraten zu sein, und *Kühne's* Nachweis[4]) des beim Kaninchen auf einzelne Muskeln im Vorkommen beschränkten Hämoglobins hat die Vorstellung von einer lediglich im Dienste der Blutathmung stehenden Bedeutung desselben wesentlich modificirt. Durch die Bemühungen englischer Forscher steht uns heute eine grosse Anzahl von der Beobachtung *Kühne's* analogen Befunden zu Gebote, ohne dass es jedoch bisher geglückt wäre, das auf einzelne Organe beschränkte Vorkommen des Hämoglobins mit einer functionellen Bedeutung dieser Theile in Beziehung zu setzen. Ferner konnte der Blutfarbstoff in sehr verschiedenen Geweben (glatte und quergestreifte Musculatur, Nervenganglien [Aphrodite aculeata] etc.) aufgefunden werden, und zwar bei

---

[1]) *Nawrocki*, Centralbl. f. d. medic. Wiss. 1867. S. 196.

[2]) *E. Ray Lankester*, Observation with the Spectroscope. Journ. of Anat. and Physiol. 1867. p. 114. — Ueber das Vorkommen von Hämoglobin in den Muskeln der Mollusken etc. *Pflüger's* Archiv, Jahrg. IV. 1871. S. 315. — A Contribution to the Knowledge of Hæmoglobin. Proceedings of the Royal Society of London. Vol. XXI. 1873. p. 70. — On the Spectroscopic Examination of Certain Animal Substances. Journal of Anat. and Physiol. Vol. IV. 1870. p. 119.

[3]) *H. N. Moseley*, On the Colouring Matters of Various Animals, and especially of Deep-sea. Quarterly Journal of Microscopical Science. Vol. XVII, new ser. 1877. p. 1.

[4]) *W. Kühne*, Ueber den Farbstoff der Muskeln. Arch. f. path. Anat. Bd. XXXIII. 1865. S. 79.

Digitized by Google

Thieren, deren Blut frei davon ist. Diese Untersuchungen widerlegen hinreichend die noch sehr verbreitete Ansicht, dass das Hämoglobin in seinem Vorkommen auf das Blut beschränkt sei.

Was über die Befunde des Hämoglobins in den Geweben zu sagen war, lässt sich auch direct auf die Gallenfarbstoffe übertragen. Auch sie finden sich weder bei den Vertebraten in ihrem Vorkommen auf die Leber beschränkt[1]), noch werden sie diesem Typus der Thiere eigenthümlich sein.

Nicht weniger wichtig als der Nachweis des Vorkommens echter Gallenfarbstoffe bei Wirbellosen dürfte die Entscheidung der Frage sein, ob die Farbstoffe mit ausgezeichneten Absorptionsbändern, welche ich in den Lebern von Mollusken auffand, den Gallenfarbstoffen der Vertebraten in chemischer Beziehung nahe stehn. Wie aus den Spectren auf Tafel I ersichtlich ist, wird durch den Absorptionsstreifen vor C, dessen Lage und Breite bei den alkoholischen Leberextracten der verschiedenen Mollusken zwar geringe Differenzen erkennen lässt, eine gewisse Uebereinstimmung der Molluskenlebern unter sich ausgedrückt. Auch wird durch den Streifen vor E eine Uebereinstimmung des Farbstoffes in der Eledone- und Helixleber angedeutet, obgleich der sehr wenig ausgeprägte Streifen vor D, welchen das alkoholische Extract der Eledoneleber erkennen liess, von mir in dem alkoholischen Auszuge der Lebern von Helix pomatia und der anderen Mollusken vollständig vermisst wurde. Eine Aehnlichkeit mit den Farbstoffen in der Galle des Rindes könnte nur in dem sehr schwachen Streifen vor D, welchen das alkoholische Extract der Leber von Eledone moschata aufweist, vermuthet werden.

Auffallend bleibt die grosse Constanz der Pigmentirung,

---

[1]) cf. *F. Hoppe-Seyler*, Handb. d. physiol.- u. pathol.-chem. Analyse. IV. Aufl. 1875. S. 209. (III. Aufl. S. 180). — Physiologische Chemie. Th. II. 1878. S. 293.

Digitized by Google

welche die Lebern sowie ihr Secret auch bei den Wirbellosen charakterisiren, und welche fast als ausschliessliches Motiv zur Bezeichnung dieser Organe führte. Nicht unwahrscheinlich dürfte die von den Zoologen gemachte Annahme sein, dass die Farbstoffbildung in diesem Organe für die Wirbellosen von einer analogen Bedeutung ist, wie die der echten Gallenfarbstoffe für die Vertebraten.

Dass die Evertebratenlebern auch durch ihren Zuckerreichthum den Lebern höherer Thiere gleichen, hat schon *Claude Bernard* bewiesen, während ihr Fettgehalt eingehender zu untersuchen sein wird[1]).

Alle Enzyme, welche im Verdauungsrohre der von mir untersuchten Mollusken nachzuweisen sind, lassen sich, wie wir sehen, auch aus der Leber dieser Thiere extrahiren. Das künstliche Leberextract ist vollkommen identisch mit der Galle oder dem sogenannten Magensaft. Aus dem Mitgetheilten folgt ferner, dass die Leber dieser Thiere nicht nur alle die Functionen erfüllen kann, welche Speichel- und Magendrüsen, Pankreas und Leber der höhern Thiere in toto versehen, sondern auch dass sie ausschliesslich die Enzymbildung besorgt. Die Leber liefert alle Secrete in genügender Fülle, welche die Verdauung der Nahrung bei diesen Thieren irgendwie verlangt. Die Mollusken bedürfen keines Pankreas, keiner Speichel- und Magendrüsen; denn alle Functionen dieser Organe sind in ihrer Leber vereinigt. Ob in diesem so vielseitigen Organe Alles (die verschiedenen Enzyme, das Fett, der Zucker, die Gallenfarbstoffe etc.) durch Colliquation

---

[1]) Von Wichtigkeit für das Verständniss der Leberfunction bei Mollusken scheinen mir auch die Untersuchungen von *Sabatier* (Sur un organ parachymateux d'un gros volume chez les Ampullaires, qui est situé entre le foie et l'organe de Bojanus. Revue scientifique. Septième année. Série II. Nr. 13. p. 301) zu sein, nach welchen bei Ampullarien eine Drüse zu existiren scheint, welche theils Leber-, theils Nierenfunction versieht.

Digitized by Google

aus Einer Zelle hervorgehen kann, ob Transsudation und zur Becherzellenbildung führende Quellung der Zellen periodisch abwechseln, oder ob Arbeitstheilung unter den Leberzellen herrscht, muss zur Zeit wohl als eine offene Frage angesehen werden[1]). Der kleine und grosse periodische Wechsel der Enzymproduction, die Verschiedenheiten unter den Lebersecreten bei nahe verwandten Thieren werden sichere Ausgangspuncte zur Lösung dieser Frage bieten.

II. Ueber die Verdauung einiger Articulaten.

1) Astacus fluviatilis *Rond.*

Das Astacuslebersecret enthält mindestens drei Enzyme, ein diastatisches, ein peptisches und ein tryptisches, denen nach *Hoppe-Seyler*'s Angabe[2]) ein fettzersetzendes als viertes anzureihen wäre.

Von der Gegenwart des diastatischen Enzymes in diesen Lebern kann man sich durch die üblichen Methoden leicht überzeugen, doch ist es auch hier nöthig aus dem Magensafte wie dem Leberextracte auf die beschriebene Weise den Zucker vorher zu entfernen, wenn man zu beweiskräftigen Ergebnissen gelangen will. Dass neben dem tryptischen ein peptisches Enzym sich findet, lehrt die Extraction dieser Organe mit einer 2%igen Milchsäure- oder 0,1—0,2%igen Salzsäurelösung. Auf die zerkleinerten

---

[1]) Nach *Heinrich Meckel* (Mikrographie einiger Drüsenapparate der niederen Thiere. *Müller's* Archiv. 1846. S. 11 u. 12) entsteht bei Lymnæus stagnalis, Helix, Planorbis, Anodonta, Dreissena, Cyclas Paludina, Ostrea etc. das Gallenfett in anderen Zellen als das Gallenpigment. *Leydig* (Ueber Paludina vivipara. Zeitschr. f. wiss. Zool. 1850 Bd. II. S. 169) hingegen glaubt sich dahin aussprechen zu müssen, „dass nicht Gallenfett und Gallenfarbstoff, jedes für sich in einzelnen Zellen bereitet wird, sondern dass die fetthaltigen Zellen durch Umwandlung ihres Inhalts in gallenstoffhaltige unmittelbar übergehen."

[2]) *Hoppe-Seyler*, Unterschiede im chem. Bau u. d. Verdauung höherer u. niederer Thiere. *Pflüger*'s Archiv, Bd. XIV. S. 398.

Digitized by Google

Astacuslebern liess ich in dem einen Falle erstere, in dem anderen die letztere Lösung acht Stunden lang bei 38° C. einwirken, während zugleich ein zweckmässiger Zusatz von Salicylsäure die Verdauungsflüssigkeit vor der Zersetzung durch niedere Organismen schützte. Die angedaute Masse wurde ausgepresst, filtrirt und in je zwei Portionen getheilt, von denen die eine mittelst Soda neutralisirt und auf einen Gehalt von 1 % an diesem Salze gebracht wurde; die andere Portion blieb unverändert. Die Flüssigkeiten, welche sauer (sei es durch Milchsäure oder Salzsäure) geblieben waren, hatten im Laufe von zwei Stunden die eingelegte Fibrinflocke bis auf einen unbedeutenden Rückstand verdaut, während die Portionen von alkalischer Reaction selbst nach Tagen die Flocken unverändert liessen. Mit gekochter Verdauungsflüssigkeit angestellte Controlversuche bestätigten den Befund, welcher meines Erachtens keine andere Deutung zulässt, als dass ebenfalls von der Lösung aufgenommenes tryptisches Enzym durch die Salzsäure in derselben Weise zerstört wurde, wie es wirkliches Trypsin wird.

Die Wirkung in salzsaurer Lösung bleibt nur dann aus, wenn man den wässrigen Leberauszug oder das Secret mit Salzsäure versetzt, weil der entstehende Niederschlag viel oder alles Enzym mit niederreisst. Immer, auch wenn nur Eine Leber extrahirt wurde, erhielt ich eine, zwar oft erst nach längerer Zeit eintretende Wirkung, in 0,1—0,2 % Salzsäure, wenn das angegegebene Verfahren eingehalten wurde. Schon die einfache Thatsache, dass das Lebersecret von Astacus sauer reagirt [1]), hätte zur Aufsuchung des peptischen Enzymes führen sollen. Ist es

[1]) Die saure Reaction des Secretes der Krebsleber wurde zuerst von *T. F. W. Schlemm* (l. c. S. 29) entdeckt, und *Lindner* (Nonnulla de hepate et bile evertebratorum. Dissertatio. Berolini 1844, S. 23) bestätigt diese Angabe, auf den Unterschied mit der Wirbelthiergalle aufmerksam machend.

doch vollkommen unverständlich, wie ein Enzym im Dienste der Verdauung wirken kann, wenn in dem Hauptverdauungsraume die Reaction seine Wirkungsfähigkeit verhindert oder wenigstens im hohen Grade beeinträchtigt. Zwar dürfte es nicht seltsamer erscheinen und diesen Vorwurf in etwas abschwächen, dass zugleich in dem Lebersecrete von Astacus sich neben dem tryptischen, welches erst in einem nachfolgenden Verdauungsbezirke seine Verwendung finden könnte, ein peptisches Enzym vorhanden ist, das jenes nach nur einigermaassen lange währender Einwirkung vollständig zu zerstören vermag. Ferner ergibt sich schon daraus, dass die eiweissverdauende Wirkung des Krebslebersecretes sich in 0,5—2 %iger Milchsäurelösung fast ebenso rasch vollzieht als in 1 %iger Sodalösung oder bei ganz neutraler Reaction, dass dieses keine rein tryptische, sondern eine von der des Trypsins sehr verschiedene Wirkung ist. Das Trypsin, nach *Kühne*'s Untersuchungen in schwachen Lösungen organischer Säuren auf Eiweissstoffe nicht ganz unwirksam [1]), unterscheidet sich also dadurch von diesen Enzymen, dass es in alkalischen und neutralen Lösungen viel rapider wirkt als in schwach sauren; auch wirkt Trypsin nie fibrinverdauend in einer 1—2 pr. m. ClH.

Die Thatsache, dass das peptische Enzym durch längere Digestion bei 40° C. mit Sodalösung, das tryptische hingegen durch längere Digestion mit Salzsäure bei derselben Temperatur zerstört wird, liefert die einfachste Methode zur Reindarstellung dieser beiden Enzyme. Die Zusatzflüssigkeiten lassen sich durch

---

[1]) Das Leberextract von Cyprinus tinca, von dem angenommen werden darf, dass es reines Trypsin enthält, wirkt nach meinen Versuchen ebenfalls fibrinverdauend in 1- und 2 %iger Milchsäure-, 0,4- und 1 %iger Essigsäurelösung, während es sich unwirksam in 1 %iger Oxalsäure erweist. Auch das Leberextract von Leuciscus melanotus zeigte in 1 %iger Milchsäure fibrinverdauende Wirkung. Das Karpfenleberextract, durch Selbstverdauung gewonnen, war unwirksam in 2 %iger Essigsäure, 0,5- und 1 %iger Oxalsäure.

Dialyse leicht entfernen. Mit so gereinigten enzymatischen Flüssigkeiten wurden meine Versuche (die verdauende Wirkung prüfte ich immer an rohem Fibrin) ausgeführt, deren Resultate in Tabelle II ihren Ausdruck finden. Es ergibt sich daraus, dass es mir nicht gelang, eine Verdauung in oxalsaurer Lösung herbeizuführen, selbst wenn Glycerinextracte angewendet wurden, welche sich bei Oxalsäurezusatz nur mässig trübten, oder wenn ich direct die Lebern mit oxalsaurer Lösung extrahirte. Gekochtes Fibrin liess sich weder in milchsaurer noch in salzsaurer Flüssigkeit verdauen. In diesen Eigenschaften gleicht somit das peptische Enzym von Astacus dem Conchopepsin. Doch werden weitere Untersuchungen zu lehren haben, inwieweit diese Uebereinstimmungen mit den Eigenschaften des Conchopepsin und die Differenzen vom Pepsin der Vertebraten begründet sind, und ob sich deren Zahl durch andere Versuchsreihen nicht noch erheblich vermehren lässt.

Der chemische Act der Verdauung vollzieht sich beim Flusskrebs ausschliesslich im Magen; denn wenn der Speisebrei im Darme alkalisch wird, ist, wie ich mich vielfach überzeugte, das tryptische Enzym in demselben bereits vollständig zerstört.

Die Entscheidung der Frage, ob das neben dem peptischen vorkommende tryptische Enzym wahres Trypsin ist, bleibt spätern Untersuchungen überlassen, da ich unter den Verdauungsproducten weder Leucin noch Tyrosin auffinden konnte. Der Körper, welcher die Bromwasserreaction veranlasst, bildet sich in reichlicher Menge.

2) Periplaneta (Blatta) orientalis *L.* nebst Bemerkungen über die Function der sog. Kaumägen.

Die Angaben von *S. Basch*[1]) und *Jousset*[2]), nach welchen die Speicheldrüsen der Blatta ein diastatisches Enzym ent-

[1]) *S. Basch*, Unters. über das chylopoëtische und uropoëtische System der Blatta orientalis. Sitzungsb. der Wiener Acad. Bd. XXXIII. 1858 Nr. 25. S. 234—260.

[2]) *Jousset*. Recherches sur les fonctions des glandes de l'appareil digestif des Insectes. Compt. rend. T. 82 p. 97.

Digitized by Google

halten, kann ich vollständig bestätigen. Ich bediente mich derselben Methode, welche bei dem Nachweis dieses Enzymes in den Molluskenlebern Anwendung fand und an jener Stelle beschrieben ist. Dasselbe Enzym liess sich aus dem in den Speichelreservoiren angesammelten schleimigen Secrete gewinnen. Es besteht somit keine Identität zwischen diesen Speicheldrüsen und den Pharynxschleimdrüsen der Mollusken.

Von eiweissverdauenden Enzymen sind diese Drüsen vollkommen frei, wie schon *Jousset* hervorhob. Ich habe auch die Versuchsanordnung genau in der von *Basch* beschriebenen Weise[1]) getroffen; natürlich mit demselben negativen Resultate.

Der Magen ist auch bei diesem Articulaten ein Hauptverdauungsraum, jedoch in etwas anderer Weise als beim Krebse. Er erhält wie bei Astacus das Secret der Leberschläuche aus erster Quelle und kann nicht lediglich als der Resorption dienend, wie *Jousset* will, angesehen werden. Der aus der stärkereichen Kost, durch die Einwirkung der aus den Speicheldrüsen und den Leberschläuchen (!) stammenden Diastase gebildete Zucker scheint auch mir, in Bestätigung der Angabe *Jousset's*, in dem Magen ziemlich vollständig resorbirt zu werden; denn der Inhalt des sogenannten Chylusdarmes ist sehr arm an Zucker, ja der letztere kann selbst ganz in diesem Darmabschnitte fehlen. Dieser Befund deutet darauf hin, dass die saccharificirende Wirkung der Secrete auf Stärke und die Resorption des Zuckers hier sehr rapide erfolgen und bereits zum Abschluss gelangt sind, wenn die Speiseballen in den Darm übergeführt werden.

Die Eiweissstoffe werden in dem Magen, dessen Inhalt nur eine geringe Peptonreaction zeigt, sehr wenig verändert, obgleich die zu ihrer Transformirung nöthigen Enzyme an diesem Orte keineswegs fehlen. Dieses dürfte allein darin seine Begründung

[1]) *S. Basch*, l. c. S. 257.

Digitized by Google

finden, dass die Nahrung nur kurze Zeit im Magen verweilt und in Folge dessen die Wirkung der peptonisirenden Enzyme ihr Anfangsstadium nicht überschreitet.

Hat die Speise den complicirt gebauten Pylorialapparat, über welchen später Einiges zu sagen ist, passirt, so verliert sie mehr und mehr von ihrer sauren Beschaffenheit, sei es, weil die Säure gebunden, zersetzt, oder sei es, weil sie resorbirt wird. *Basch's* Angabe, der Inhalt des Chylusdarmes besitze immer alkalische oder neutrale, entschieden keine saure Reaction, fand ich stets bestätigt; aber ich glaube doch annehmen zu müssen, dass erst in diesem Abschnitte die Neutralisation, durch Diffusionsvorgänge rasch um sich greifend, eintritt, weil das saure Secret der Blinddärme im Magen stets, auch wenn der letztere reichlich Mehl enthält [1]), unter normalen Umständen seine ursprüngliche Reaction bewahrt. Meine Untersuchungen drängen zu der Annahme, dass das Secret der Blinddärme bei Blatta sich nicht in den sogenannten Chylusdarm ergiesst, wie es früher für selbstverständlich galt, sondern in den Magen. Einen, aber immerhin unbedeutenden Abfluss in den ersteren Abschnitt will ich zwar nicht in Abrede stellen. In der vortrefflichen Arbeit *V. Graber's* [2]) findet meine nothwendige Annahme eine unerwartete Stütze, wenn schon die stomachalen Ausführungsgänge der Blinddärme erst noch nachzuweisen sind. *Graber* fand nämlich, dass bei Decticus verrucivorus die Appendices pyloricae dadurch gebildet werden, dass sich zwischen die innere Chitin- und die äussere Muskelhaut eine ansehnliche Lage von Drüsenzellen einschiebt. Aus diesem Grunde sind nach *Graber* die Blinddärme auch

[1]) Ich fand in diesem Falle die Versuche von *Plateau* (l. c. p. 70 u. 71) nicht bestätigt.

[2]) *V. Graber*, Zur näheren Kenntniss des Proventriculus und der Appendices ventriculares bei den Grillen und Laubheuschrecken. Sitzungsb. d. Wiener Acad. Bd. LIX. 1869. S. 4 u. 5 sowie Fig. 13.

keine einfachen Aussackungen des Chylusmagens, sondern vielleicht Ausstülpungen der Drüsenschicht desselben.

Ob auch im Darme enzymatische oder nur alkalische Secrete abgesondert werden, lässt sich schwer entscheiden, weil die Wirkung der eiweissverdauenden Blinddarmenzyme erst in diesem Abschnitte ihren Höhepunkt erreicht und die Inhaltmassen somit keinen Anhaltspunkt geben, was von Enzymen zugeführt, resp. an Ort und Stelle selbst gebildet wurde. Auch auf histologische Befunde wird man sich hier wenig verlassen dürfen. Jedenfalls mischen sich im Darme dem Speisebreie keine Enzyme bei, mit denen er nicht schon in hinreichender Menge im Magen imprägnirt wäre.

Was die Natur der die Eiweisssubstanzen peptonisirenden Enzyme in dem Secrete der Leberschläuche anbelangt, so sei auf das bei Astacus Gesagte verwiesen; denn von diesem Abweichendes könnte für Blatta nicht angegeben werden, wenn man darauf keinen Werth legen würde, dass bei der Schabe ein wenig mehr peptisches als tryptisches Enzym sich findet, während bei Astacus vielleicht ein nahezu vollständiges Gleichgewicht zwischen beiden Enzymen besteht. Keinen andern Unterschied kenne ich in der verdauenden Wirkung auf Eiweissstoffe zwischen den beiden Secreten, von welchen das eine (nämlich das bei der Blatta) nach den Angaben früherer Beobachter reines Pepsin und das andere (bei Astacus) Trypsin oder ein diesem ähnliches Enzym enthalten sollte. Auch darin stimmen die Secrete der Leberschläuche beider Articulaten überein, dass sie sehr reich an Diastase sind: denn keineswegs fehlt diese in dem Auszuge und Secrete der Blinddärme von Blatta, wie *Jousset* meinte.

Die poststomachalen, theils stark chitinösen (bei Insecten), theils stark musculösen (Pylorialmägen vieler Vertebraten) und dann bisweilen hornartig bekleideten (Mugilicephalus)

Erweiterungen haben zu vielen Vermuthungen Anlass gegeben, welche alle meiner Ansicht nach wenig befriedigen. Man hat in diesen Gebilden zweckmässige Verschlusseinrichtungen, Kau- und Reibapparate gesehen, aber, wie ich glaube, ohne den Kern der Sache zu finden oder den Werth derselben einigermaassen erschöpfend auszudrücken.

Was die pylorialen Muskelbulben der höhern Thiere mit Ausnahme des Kaumagens der körnerfressenden Vögel, dessen Function unzweifelhaft feststehen dürfte, anbelangt, so muss ich diese Bildungen als ursprünglich zum eigentlichen Darme gehörig auffassen [1]). Sie haben nach Art einer Druckpresse zu wirken; in einzelnen Fällen mögen sie nebenbei auch noch eine andere Function erfüllen. Sie stellen, wenn man so will, eine centrirte Darmmusculatur vor. Wie sich das Herz zu dem übrigen Gefässsystem verhält, so verhalten sich die sogenannten Pylorialmägen zum Darme, und sie müssen als das Hauptpropulsionsorgan für diesen Abschnitt des Digestionstractus gelten. Als solches pressen sie den meist sehr zähen Speisebrei aus dem Magen in das enge Darmlumen hinein. Besonders gilt dieses für den sogenannten Muskelmagen von Mugil, welcher seit *Cuvier* allgemein mit dem Kaumagen der körnerfressenden Vögel verglichen wird, zwar ohne dass dadurch das Verständniss für jenes Vorkommen erleichtert wäre. Stets fand ich den Verdauungstractus bei Mugil cephalus von Schlammmassen erfüllt, die im Munddarme nicht fester und widerstandsfähiger waren als im Mittel- und Enddarm, also einer weitern Zerkleinerung nicht bedurften. Eine solche wäre, wenn man mehr Gewicht auf den Schutz der Darmmucosa als auf eine erschöpfende Ausgewinnung des Aufgenommenen legen würde,

---

[1]) Nichts würde so schlecht am Platze sein als ein hinter der vorwiegend dem Verdauungsacte dienenden Erweiterung angebrachter Kau- oder Reibapparat, welcher die Nahrungsstoffe der Einwirkung von Enzymen erst zugänglich machen soll.

Digitized by Google

z. B. bei Sparus bops viel angebrachter gewesen, dessen Darminhalt ich oft mit festen bis zwei Linien langen Fragmenten von Echinodermenstacheln durchspickt fand. Leider bin ich bei der Untersuchung der Munddarmschleimhaut von Mugil in Betreff der secernirten Enzyme zu keinem entscheidenden Resultate gelangt. Sollte sich später ergeben, dass die Zellen der Vorderdarmschleimhaut dieses Fisches Enzyme secerniren, so wäre als Function für den Kaumagen von Mugil wohl eine innige Durcharbeitung des Schlammes mit dem enzymatischen Secrete zur gehörigen Ausgewinnung der in den Contenten sehr vertheilten Nahrung anzunehmen; doch wird die wichtigere Function immer die sein, den zähen Schlamm in den engen Darmcanal hineinzupressen, wozu die geringe Entwicklung der eigentlichen Darmmusculatur nicht auszureichen scheint. Es ist dieses eine Einrichtung, welche im Antrum pyloricum der höheren Vertebraten ihr Analogon findet, und der musculöse Bulbus von Mugil wäre demnach nicht dem Kaumagen der körnerfressenden Vögel zu analogisiren, sondern dem Pylorialmagen einiger Ardeiden (Ardea, Ciconia) und Crocodile, dessen Function somit ebenfalls klar gestellt sein dürfte.

Kehren wir nach dieser zur Rechtfertigung des Folgenden mir nothwendig erscheinenden Abschweifung zu dem sogenannten Proventriculus der Blatta zurück, so wird sich nichts von dem Gesagten mit seiner Einrichtung genügend in Einklang bringen lassen; denn seitdem feststeht, dass bei Blatta sich das enzymatische Secret in dem Oesophagus (der vergleichenden Anatomen) ansammelt, dass in diesem Raume die Haupteinwirkung der Diastase erfolgt, dass fast aller Zucker hier resorbirt wird, kann ein Zerkleinerungsapparat hinter dieser wohl entwickelten Verdauungsampulle nur von untergeordneter Bedeutung sein. Ebensowenig, wie ich in Abrede stelle, dass in geeigneter Weise zwischen die Falten und Chitinleisten dieses

sogenannten Kaumagens gelangende grössere Speisereste eine Theilung erfahren können, bestreite ich, dass sein intestinaler Wulst einigermaassen ein Regurgitiren des Darminhaltes verhindert; aber seine Hauptfunction wird uns sicherlich erst dann verständlich werden, wenn wir die Einmündungsstelle des Blinddarmsecretes kennen, zu dessen vortheilhafter Vertheilung im Verdauungsrohre diese complicirte Einrichtung nothwendig erscheint.

Meiner Ansicht nach wird der sogenannte Kaumagen dieses und vielleicht aller Orthopteren functionell nur dem Spiralmagen der Cephalopoden und den Darmtaschen der Pulmonaten verglichen werden dürfen.

3) **Hydrophilus piceus** *L.*

Morphologisch als sehr verschieden erscheinende Drüsenapparate bereiten bei den Vertebraten die Verdauungsenzyme. Während eine grosse Anzahl tubulöser Drüschen das Pepsin für die Magenverdauung liefert, bildet eine meist einheitliche grosse Drüsenmasse (das Pankreas) die zur Verdauung im Darme erforderlichen Enzyme.

Selbst die Production eines und desselben Enzyms kann nicht nur bei verschiedenen Vertebraten von verschiedenen Apparaten besorgt werden, sondern es kann auch ein und dasselbe Enzym bei ein und demselben Thiere in verschiedenen Organen entstehen. In der Classe der Fische[1]) kann das Trypsin direct von der Darmmucosa, welche in solchen Fällen gleichsam eine auseinandergelegte Drüse darstellt, secernirt werden; es kann in schwach entwickelten Ausstülpungen der Darmwand (Appendices pyloricae) entstehen und in solchen, welche sich vollkommen zu einheitlichen Drüsen-

[1]) *C. Fr. W. Krukenberg*, Versuche zur vergl. Physiol. d. Verdauung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Fischen. Unters. a. d. phys. Inst. zu Heidelberg. Bd. I. S. 327 ff.

igitized by Google

massen im Laufe der Entwicklung umgeformt haben. Alle diese Möglichkeiten finden sich bei ein und demselben Thiere, bei Scorpæna, verwirklicht.

An jeder beliebigen Stelle des Darmrohres können sich Drüsenschläuche ausbilden; der Grad ihrer Entwicklung wird vorwiegend abhängen von der Natur ihrer Enzyme, der Beschaffenheit der zu verdauenden Nahrung und der Zeit, während welcher das Secret im Darmrohre seine Wirkung entfalten kann. Diese Hauptfactoren vernachlässigend hat man sich gewöhnt, auf Nebensachen den Werth zu legen. Die Länge oder Kürze des Darmkanales hat vorwiegend die vergleichenden Anatomen beschäftigt und zu Annahmen Veranlassung gegeben, welche weder consequent durchführbar noch irgendwie begründet sind. Erst wenn die Natur der secernirten Enzyme genügend bekannt, die Rhythmik der Contractionen der Darmmuskulatur und das qualitative wie quantitative Nahrungsbedürfniss der Thiere ergründet sein werden, ist man befähigt, derartigen morphologischen Befunden von nur untergeordneter physiologischer Bedeutung Rechnung zu tragen.

Bisher trafen wir bei den Wirbellosen nur gesonderte secretorische Bezirke an, welche als compacte Drüsenmassen oder als weniger complicirte Schläuche auftreten. Bei Periplaneta orientalis haben wenige Drüsenkörper des Mitteldarmes eine ausgiebigere Entwicklung erfahren, um an geeigneter Stelle vorzugsweise die Secretion der Verdauungsenzyme zu besorgen. Bei Astacus fluviatilis ist diese Differenzirung noch weiter vorgeschritten und hat bei den Mollusken bereits den bedeutendsten Grad der Entwicklung erlangt. Faltenbildungen vergrössern hier meist die secernirende Oberfläche, eine grosse Zahl und übermässige Längenentfaltung der einzelnen Schläuche entbehrlich machend.

Bei Hydrophilus piceus sowie bei Squilla mantis sind die Verhältnisse wesentlich andere. Die secretorischen Apparate

sind in der Wand des Mitteldarmes zerstreut; in keinem Bezirke haben sich einzelne dieser Drüsen vorwiegend entwickelt.

So liefern bei Hydrophilus flaschenförmige Drüsenkörper, jüngst noch als Peritonealdrüsen aufgefasst, peripherisch von der Muscularis des Mitteldarmes gelegen und diese mit ihrem trichterförmig sich verengenden Ansatzstücke durchbrechend, die Verdauungssecrete. Die Ausführungsgänge derselben treten der Länge und Quere nach winkelig gebogen durch die Darmwand hindurch und an ihrer intestinalen Mündungsstelle ist die chitinöse Intima, welche das Darmepithel bekleidet, unterbrochen. Das Darmepithel hingegen wird ausschliesslich die Resorption zu besorgen haben.

Plateau[1]) glaubt bewiesen zu haben, dass von den Zellen des Oesophagus ein diastatisch wirkendes Secret geliefert werde. Seitdem wir wissen, dass das Vorkommen von Secreten in einem Bezirke des Verdauungsrohres bei Evertebraten durchaus keinen Anhaltspunkt für die Kenntniss des Ortes seiner Bildung und Ausscheidung abgibt, kann seine Beweisführung nicht mehr genügen. Doch scheint mir eine Oesophagealsecretion nicht unwahrscheinlich, weil auch hier die chitinöse Intima von den bekannten knochenkörperähnlichen Lumina durchbrochen wird. Ueber den Werth des Secretes und die Natur etwa vorhandener Enzyme jedoch werden erst weitere Untersuchungen Aufschluss geben können.

Das Secret der Mitteldarmdrüsen, welches ich in Uebereinstimmung mit *Plateau* von unzweifelhaft alkalischer Beschaffenheit finde, ist sehr reich an Diastase. Neben tryptischem enthält es ein peptisches Enzym[2]), welches in saurer Lösung gekochtes wie ungekochtes Fibrin verdaut und mit alkalischer Flüssigkeit

---

[1]) *F. Plateau*, l. c. S. 50 ff.

[2]) Der Gehalt der Darmextracte an peptischem Enzym ist sehr unbedeutend und wurde anfangs von mir (l. c. p. 337) ganz übersehen.

Digitized by Google

längere Zeit bei 38° C. digerirt, zersetzt wird. An tryptischem Enzym ist das Secret viel reicher als an peptischem, welches beim Verdauungsacte dieses Thieres überhaupt nur selten zur Wirkung kommen dürfte. Das peptische Enzym von Hydrophilus piceus scheint mir dasselbe zu sein, welches sich bei Astacus und Blatta findet.

Die gelben *Malpighi*'schen Gefässe sind, wie auch ich mich überzeugte, frei von bei der Verdauung wirksamen Enzymen. Diese Thatsache verbietet zwar sie den Crustaceenlebern und den Orthopterenblinddärmen als ganz analog zu erachten, schliesst jedoch keineswegs die Möglichkeit aus, dass sie eine Function — ich meine die Farbstoffbildung, welche die meisten Evertebratenlebern charakterisirt —, mag diese auch nur eine excretorische Bedeutung haben, mit den im Uebrigen als Leber fungirenden Mitteldarmdrüsen theilt. Der gegen *Leydig* erhobene Einwand, welcher sich auf die Insertion der gelben *Malpighi*'schen Gefässe bezieht, wäre zwar hinfällig geworden, seitdem ich zeigen konnte, dass bei den Wirbellosen Secrete aus hinteren Abschnitten des Verdauungsrohres in mehr oralwärts gelegene befördert werden können.

Aus meinen Untersuchungen ergab sich, dass bei den Articulaten in derselben Weise wie bei Cephalopoden und Limaciden das Lebersecret zwei eiweissverdauende Enzyme enthält, dass die Bildungsstätte derselben bei Astacus und Blatta eine wesentlich andere ist als z. B. bei Hydrophilus, und dass bei beiden erstgenannten Articulaten ihre Wirkung sich in sehr verschiedenen Abschnitten des Verdauungsrohres äussert.

Ferner liess sich aber als das wichtigste Ergebniss feststellen, dass eines der beiden Enzyme für den Verdauungsact fast vollständig nutzlos ist, und dieser merkwürdige Thatbestand fordert nothwendig zu einer Erklärung auf.

Digitized by Google

Schon *Plateau* hat die Beweisführung angestrebt, dass die Reaction des Mageninhaltes bei Articulaten in erster Instanz von der aufgenommenen Nahrung abhängt. A priori hat *Plateau's* Annahme viel Bestechendes; sie könnte das Vorkommen der beiden eiweissverdauenden Enzyme nach dem Utilitätsprincip in ungezwungenster Weise dadurch erklären, dass die Säuerung resp. Alkalescenz der Secrete bei den Articulaten nicht in der Art geregelt würde, um der aufgenommenen Nahrung immer eine bestimmte Reaction zu geben. Um sich aber unabhängig von dieser Unvollkommenheit zu stellen und eine Verdauung in allen Fällen zu ermöglichen, werden bei diesen Thieren gleichzeitig ein in saurer und ein in alkalischer wie neutraler Lösung wirkendes Enzym der Speise im Magen beigemischt.

Aber *Plateau's* Versuche sind nicht sehr glücklich gewählt, und ihr Ergebniss wird sicherlich nicht für alle Arten der Articulaten in gleicher Weise gelten können. Es scheint mir z. B. nach meinen und den Erfahrungen anderer Autoren sehr unwahrscheinlich zu sein, dass unter normalen Umständen ein so saures Secret, wie es die Astacus- und Blattalebern liefern, im Magen dieser Thiere durch die aufgenommene Nahrung nicht nur neutralisirt, sondern sogar alkalisch gemacht wird, während ich für Cephalopoden und einige Lamellibranchiaten die Möglichkeit einer Alkalescirung gern zugestehe.

Bei Astacus fluviatilis ist die functionelle Bedeutung des tryptischen Enzymes vollkommen unklar[1]); es wird im Magen,

[1]) In der Classe der Fische, nämlich bei einigen Selachiern, findet ebenfalls die Auffassung einer für den Verdauungsact weniger bedeutungsvollen Trypsinsecretion erhebliche Stützen; denn wie schon *Leydig* (Beiträge zur mikroskopischen Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Rochen u. Haie. Leipzig 1852. S. 90) wusste, alkalescirt z. B. bei Mustelus vulgaris die Galle erst über Zolleslänge hinter dem Anfangstheile des Spiraldarmes den sauren Speisebrei. Dasselbe wird von dem Pepsin haltenden Saft zu gelten haben, welcher bei Cyprinus tinca sich den alkalischen Darmcontenten beimischt.

Digitized by Google

dessen Inhalt nur von saurer Beschaffenheit gefunden werden konnte, bereits gänzlich zerstört, und der alkalische Darminhalt, an welchem es seine Wirkung äussern könnte, enthält absolut nichts mehr davon. Bei der Periplaneta orientalis hingegen dürfte dem Pepsin eine untergeordnete Bedeutung zukommen, weil bei ihr die Eiweissverdauung besonders im sogenannten Chylusdarme, also bei neutraler oder alkalischer Reaction ablaufen wird. Ganz bedeutungslos wird das peptische Enzym bei Hydrophilus piceus sein, dessen Mitteldarmdrüsensecret von diesem auch nur geringe Mengen enthält.

Einigermaassen durchsichtig wird durch diese Vergleiche wenigstens die sehr ungleiche Vertheilung der eiweissverdauenden Enzyme bei nahe verwandten Thieren.

III. Die Verdauungssecrete und deren Bildungsstätte bei Lumbricus terrestris *L.*

Diese Untersuchungen über die Digestionsprocesse bei Lumbricus terrestris wurden besonders durch *E. Claparède's* ausgezeichnete Monographie[1]) veranlasst.

Der Anfangstheil des Verdauungstractus bis zum 10. oder 12. Segmente ist vollkommen frei von Enzymen; auch in dem sogenannten Kaumagen, welchem kaum eine andere Bedeutung als die Fortbewegung der Darmcontenta zukommen dürfte, existirt nichts davon. In den etwa 6 ersten Segmenten findet im Verdauungsrohre eine reichliche Schleimsecretion stat, welche möglicherweise an specifische Drüsen gebunden ist. Die Oesophagealcontenta fand ich bisweilen von deutlich saurer Beschaffenheit[2]),

---

1) *Édouard Claparède,* Histologische Untersuchungen über den Regenwurm (Lumbricus terrestris L.). Zeitschr. für wiss. Zoologie. Bd. XIX) 1869. S. 563.

2) Nach *Victor Hensen's* (die Thätigkeit des Regenwurms für die Fruchtbarkeit des Erdbodens; Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 28, 1877, S. 359)

und es wird deshalb eine Function des kalkigen Secretes der glandulae œsophageae *Morren's* darin zu suchen sein, die sauren Speiseballen durch Alkalisirung der tryptischen Darmverdauung zugänglich zu machen.

Der alkalisch reagirende Darminhalt enthält neben Diastase ein kräftig wirkendes peptisches wie tryptisches Enzym, von welchen letzteres allein zur Wirkung kommt.

Bei Lumbricus hat man ebenso wie bei Orthopteren und Coleopteren von Drüsen gesprochen, deren Secret sich in die Leibeshöhle ergiessen soll. Es ist mir zwar keineswegs gelungen über die Function der Chloragogenzellen (im Sinne *Claparède's*) die Gewissheit zu erhalten, welche ich anstrebte. Die Ansicht, welche *Morren*[1]) äusserte, scheint mir nach meinen Untersuchungen die bei Weitem annehmbarste zu sein; denn erstens fand ich die Chloragogenzellen (im Sinne *Morren's*) nach mehrstündlicher Selbstverdauung nicht derart verändert, wie es von Enzymdrüsen zu erwarten gewesen wäre, und zweitens lässt sich durch Extractionsmethoden experimentell beweisen, dass nur der Darm mit seinen Anhängen die Verdauungssäfte liefert. Die Ansicht, nach welcher die mit starker Cuticula versehenen Darmepithelien neben der Resorption die Secretion besorgen, scheint mir nach den bekannten Verhältnissen bei Evertebraten viel gewagter als die Auffassung zu sein, welche von *Morren* vertreten wurde.[2]) Er sieht die Leber (im Sinne *Morren's*) als die eigent-

---

interessanten Untersuchungen scheint es mir wahrscheinlich, dass die saure Beschaffenheit der Nahrung dieses Wurms eher von Humussäuren herrührt, als von der, die äusseren Zellhäute pflanzlicher Wurzelhaare (cf. *C. Sachs*, Handb. d. Experimentalphysiologie, 1865, S. 189) durchtränkenden Kohlensäure. Auch *Hensen* hält die Meinung, dass der Regenwurm Wurzeln abnage, für ganz unbegründet (l. c. S. 361).

[1]) *C. Morren*, descriptio structurae anatomic. et expositio hist. nat. Lumbrici vulgaris sive terrestris. 1826. p. 129.

[2]) Nicht unerwähnt darf die Ansicht *Leydig's* (über Phreoryctes Menke-

Digitized by Google

lich enzymbildende Drüse an, deren intestinale Ausführungsgänge erst noch zu finden sind. Nach *Claparède* ist der drüsenzellige Belag des Darmes und der Gefässe functionell ein und dasselbe, weil der morphologische Charakter keine Unterschiede erkennen lässt. Dieser Schluss ist meiner Ansicht nach unberechtigt, weil nur experimentell über die Function von Drüsen entschieden werden kann. Bei Cephalopoden finden sich sehr ähnliche Verhältnisse. Das *Hunter-Siebold*'sche Pankreas gleicht oft so sehr den Venenanhängen, dass selbst *Brandt* (Medic. Zoologie. Bd. II. 1833. Tab. XXXII. Fig. 2, x) dieselben bei Sepia nicht zu unterscheiden vermochte, und auch *Leuckart* bemerkt[1]), dass beide sich ausserordentlich ähnlich sehen. Wir wissen jetzt durch *Kühne*'s Untersuchungen[2]), dass das *Hunter-Siebold*'sche Pankreas keine Enzymdrüse, sondern nur den Schleimdrüsen am Gallengange der höheren Thiere physiologisch zu vergleichen ist, während die Function der sogenannten Venenanhänge noch einer begründeten Deutung harrt. Als letzteren sehr analoge Bildungen dürften die *Morren*'schen Chloragogenzellen bei Lumbricus gelten, während die Lumbricidenleber nicht dem *Owen*- oder *Hunter-Siebold*'schen Pankreas, sondern den Cephalopodenlebern verglichen werden müsste.

Dass die Typhlosolis, das Intestinum in intestino, wie *Willis* treffend sagte, nur als eine Vergrösserung der resorbirenden Darmoberfläche von Bedeutung und dem Spiralblatte im Selachierdarme vergleichbar ist, wird wohl als festgestellt zu betrachten sein.

Das in alkalischer Lösung wirkende Enzym theilt die Eigen-

---

anus; Archiv f. mikr. Anat., Bd. I, 1865, S. 273) bleiben, nach welcher bei Phreoryctes Menkeanus das mit braunkörniger, an Gallenfarbstoff (?) erinnernde Darmepithel auch die Leberfunction versieht.

[1]) *Leuckart* und *Frey*, Lehrb. d. Anat. d. wirbellosen Thiere. Leipzig 1847, S. 386.

[2]) Unters. a. d. physiol. Institute zu Heidelberg. Band I. Heft 4. S. 334.

schaft durch Säuren unter angegebenen Bedingungen zerstört zu werden, mit allen sonst bekannten tryptischen Enzymen. Es verdaut rohes wie gekochtes Fibrin unter Bildung jenes das Gelingen der Bromwasserreaction bedingenden Körpers und von Peptonen. Das peptische, dessen Eigenschaften bei sauren Zusatzflüssigkeiten auf Tafel II verzeichnet sind, zerstört sehr leicht das tryptische Enzym der Lumbricidenlebern; es ist deshalb beim Studium des Letzteren erforderlich, die Selbstverdauungsmethode in 1 % iger thymolisirter Sodalösung vorzunehmen. Oxalsäure inhibirt nach meinen Versuchen die Wirkung des Lumbricuspepsins nicht; in concentrirteren (1—2 %) Lösungen wird die Wirkung, abweichend von Pepsinlösungen κατ' ἐξοχήν, aber sehr verlangsamt, so dass weitere Versuchsreihen über diesen Punct erforderlich sind.

Tabelle II.

Wirkung der eiweissverdauenden Enzyme einiger Wirbelloser bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten.

	Neutraler wäs. Auszg.	Salzsäur. v. 0,1—0,2 %	Sodalösung von 1 %	Oxalsäure von 0,1 %	Oxalsäure von 1 %	Oxalsäure von 2 %	Weinsäure von 0,4 %	Weinsäure von 1 %	Weinsäure von 2 %	Essigsäure von 0,2 %	Essigsäure von 0,4 %	Essigsäure von 1 %	Essigsäure von 2 %	Milchsäure von 0,4 %	Milchsäure von 1 %	Milchsäure von 2 %
Lumbricus terrestris .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Squilla mantis . .	+	0	+	0	0	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Astacus fluviatilis .	+	+	+	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Periplaneta orientalis .	+	+	+	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hydrophil. piceus . .	+	0	+	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Mytilus edulis . . .	0	+	0	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Arion ater .	+	0	+	+	+	0	+	+	.	+	0	.	.	+	.	.
Helix nemoralis . . .	.	+	0	+	+	+	+	.	.	.	+	.	.	.	+	.
Eledone moschata .	+	+	+	+	+	+	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Digitized by Google

IV. Das Vorkommen des diastatischen Enzymes in den Drüsen des Verdauungsapparates einiger einheimischer Süsswasserfische.

Die umfassenden anatomischen Untersuchungen und geistvollen Deductionen von *P. Legouis*[1]) bieten ein sicheres Fundament für die vergleichende Physiologie der Nutritionsprocesse bei den Fischen. Nur weil von den physiologischen Experimentatoren der allerjüngsten Zeit diese werthvolle Stütze vernachlässigt wurde, liess sich die falsche frühere Vorstellung von der Leber vieler Fische durch eine andere nicht weniger verkehrte (aber, wie ich hoffe, nur sporadische) ersetzen. Alle physiologischen Versuche haben nur die Richtigkeit des Schlusses von *Legouis* bewiesen: nämlich dass bei einigen Teleostiern die sogenannte Leber die Pankreasfunction einschliesst, keineswegs, dass das, was früher als Leber bezeichnet wurde, ein reines Pankreas ist.[2])

Die Untersuchungen älterer Autoren über das Fischpankreas wären wenig geeignet gewesen, die Resultate zu erklären, welche die Experimente in der neuesten Zeit lieferten; denn zu ihrem Verstehen war die Kenntniss der Dissemination (diffusion franz. Aut.) des Pankreas ein nothwendiges Erforderniss. Zwar muss ich nach meinen Beobachtungen behaupten, dass zur Zeit bei Fischen noch Manches für ein Pankreas ausgegeben wird, was sicherlich mit demselben nichts zu thun hat. Das gilt vorzüglich von den Fischen aus der Familie der Muræniden,

[1]) *P. Legouis*, Recherches sur les tubes de *Weber* et sur le pancréas des poissons osseux. Annales des sciences nat. Zoologie. 1873. 5e série. T. XVII et T. XVIII.

[2]) Ein inniges Durchdringen zweier morphologisch und vielleicht auch functionell verschiedener Drüsenkörper berichtete ebenfalls vor Kurzem *J. Bermann* (Ueber tubulöse Drüsen in den Speicheldrüsen. Centralbl. der med. Wiss. 1877. Nr. 50. S. 897) von der Glandula submaxillaris des Menschen und Kaninchens.

Digitized by Google

bei welchen ich absolut nichts von tryptischen Enzymen nachweisen konnte. Die Ergänzung der morphologischen und physiologischen Daten wird aber, wie man wohl hoffen darf, auch auf diesem Gebiete bald Klarheit schaffen.

Wir sind demnach in der Klasse der Fische mit unseren Untersuchungen weiter gelangt als bei den Articulaten und Mollusken. Bei den Fischen sind wir berechtigt in einem oberflächlich als einheitlich erscheinenden Drüsenorgane zwei Organe zu sehen, ein complicirt zusammengesetztes Secret aus zwei verschiedenen Quellen abzuleiten. Was als Leber bezeichnet wurde, ist Leber und Pankreas zugleich; es ist ein **Hepatopankreas.** Solche Schlüsse waren bei den Evertebraten noch nicht erlaubt; von deren Lebern wissen wir noch nicht, ob wir sie in mehrere Organe auflösen werden, ob ihr Secret aus functionell verschiedenen Zellen stammt!

Meiner früheren Mittheilung über die eiweissverdauenden Enzyme bei Fischen habe ich an dieser Stelle nur wenig Neues hinzuzufügen.

Ich habe Perca fluviatilis genauer untersucht und finde, dass die Appendices pyloricae derselben nur eine Schleimabsonderung besorgen, wie bereits früher von mir vermuthungsweise ausgesprochen wurde. Die sogenannte Leber (Hepatopankreas) enthält reichlich pankreatische Elemente, welche stellenweise auch frei (das Pankreas *Brockmann*'s), von specifischer Lebersubstanz unbedeckt, liegen. Die Magenschleimhaut secernirt reichlich Pepsin. Demnach fügen sich die Verhältnisse bei Perca fluviatilis vollständig dem für Leuciscus melanotus gegebenen Schema (cf. Fig. 8 in meiner früheren Arbeit).

Nach demselben Typus verläuft die Secretbildung bei Cobitis fossilis, während sich Barbus fluviatilis, bei welchem kein Pepsin nachweisbar war, den Cyprinen anreiht. Die Galle von Barbus fluviatilis wirkte bei 40° C. fibrinverdauend,

während mit der Leuciscusgalle bei keiner Temperatur eine Wirkung erzielt werden konnte. Auch die Galle von Cyprinus carpio ist vollkommen frei von tryptischen Enzymen. Die Differenzen, welche in dieser Beziehung die Galle nahe verwandter Fische aufweist, sind nur von morphologischer Bedeutung. Meine Befunde beweisen, dass beim Karpfen sich der pankreatische Saft der Galle erst dann beimischt, wenn diese die Gallenblase verlassen hat, während eine Mischung beider Secrete bei Barbus fluviatilis und vielen anderen Fischen (z. B. Perca fluviatilis, Scorpæna) bereits in der Gallenblase stattfindet oder schon vor dem Eintritte in die Blase stattgefunden hat.

Das diastatische Enzym wurde meiner früheren Mittheilung zu Folge in den Lebern der Elasmobranchier, deren Untersuchung zwar wegen des grossen Fettgehaltes mit fast unüberwindlichen Schwierigkeiten zu kämpfen hat, von mir stets vermisst.

Die Leber resp. das Hepatopankreas vieler Fische (besonders der Cypriniden) zeichnet sich, wie *Claude Bernard* fand, durch den grossen Reichthum an Zucker aus. Auch peptonfreie Auszüge lassen sich fast nie erhalten. Aus diesem Grunde ist es nöthig, die Extracte der Dialyse zu unterwerfen, weil ohne diese Vorsichtsmassregel das diastatische Enzym nicht nachweisbar ist. Anfangs wurde diese Versuchsanordnung versäumt und die Zuckerproben direct mit den wässerigen Auszügen angestellt. Diese Versuche erscheinen mir jetzt sehr ungenau, und ich gebe deshalb im Folgenden nur die Resultate, welche mit vollkommen zucker- und peptonfreien Extracten erhalten wurden. Die im Dialysor enthaltene Flüssigkeit wurde in zwei gleiche Portionen getheilt, in der einen das Enzym durch Kochen zerstört und beide mit gleichen Mengen von Stärkekleister versetzt. Nach 2—3-stündlicher Digestion bei 38° C. wurde die Zuckerprobe ausgeführt.

Digitized by Google

Das diastatische Enzym fehlte vollständig in den Appendices pyloricae von Perca fluviatilis. In der Mundschleimhaut eines jungen Karpfen, von Cobitis fossilis und Perca fluviatilis war es ebenfalls nicht nachweisbar. Nur sehr minimale Mengen fanden sich in dem Hepatopankreas bei Perca; mehr davon enthielten die Auszüge desselben Organes von Leuciscus melanotus, Cobitis fossilis, Cyprinus carpio und Tinca vulgaris. Die Frage, ob das in dem Hepatopankreas gefundene diastatische Enzym dem pankreatischen — oder dem Lebergewebe angehört, liess sich nicht entscheiden; doch wird Ersteres zu vermuthen sein, wenn schon nach *Jousset*'s Angabe[1]) *Claude Bernard* das diastatische Enzym in dem Pankreas (?) verschiedener Fische vermisste.

Meine in beschriebener Weise angestellten Versuche mit der Mundschleimhaut von Cyprinus tinca und Leuciscus melanotus, zu denen eine Stelle in *Treviranus*' Biologie[2]) die Veranlassung gab, lieferten als Resultat, dass sich aus derselben ein kräftig wirkendes diastatisches Enzym durch Wasser extrahiren lässt. Es steht zu erwarten, dass die Zahl dieser Befunde durch fernere auf eine grössere Menge von Fischen ausgedehnte Versuche sich beträchtlich vermehren lassen wird. Auch sei darauf hingewiesen, dass die in der Gaumenschleimhaut eingebetteten Drüsenzellen, welche bei Cyprinus Carpio, Cobitis, Belone, Gasterosteus etc. schon lange bekannt sind, von *Rathke* als Speicheldrüsen gedeutet wurden. Die Ansicht dieses ausgezeichneten Forschers ist ganz in Vergessenheit gerathen. Man hat mit Vorliebe den Werth des Speichels zu ergründen versucht, indem man an grob anatomische Befunde anknüpfte und allgemein angab, dass Fischen wie Wassersäugethieren die

---

1) *Jousset*, l. c., p. 99. Die Originalmittheilung von *Claude Bernard* konnte von mir leider nicht aufgefunden werden.

2) *Treviranus*, Biologie 1814, Bd. IV, S. 325.

Speicheldrüsen vollständig fehlen. Aber allen Fischen fehlt wenigstens der Speichel mit seinem typischen Enzyme, wie sich zeigte, nicht, und von den Wassersäugern wird der Beweis für das Fehlen desselben erst noch zu liefern sein.

Ich muss mich dahin aussprechen, dass die Wichtigkeit, der Nutzen des Speichels in den meisten Fällen für uns zur Zeit nicht durchsichtiger ist als das Vorkommen zweier eiweissverdauender Enzyme.

Erklärung der Abbildung.

Tafel I.

Die Leberauszüge von Wirbellosen sind selten einer spectroskopischen Untersuchung unterzogen. Genauere Beschreibungen und Zeichnungen der Spectra fehlen meines Wissens davon ganz. Auf Tafel I habe ich die Spectren von den alkoholischen Auszügen einiger Molluskenlebern zusammengestellt, und ausserdem wurden, um einen Vergleich zu ermöglichen, noch die Spectra, welche ich mit Rindsgalle erhielt, mit in die Tafel aufgenommen.

Fig. 1. Sonnenspectrum.

Fig. 2. Zwei Tage alte Rindsgalle (ziemlich concentrirte Lösung), um die Coïncidenz des Bandes vor D mit der des Spectrums 5 zu zeigen.

Fig. 3. Alkoholisches Extract der Rindsgalle (sehr verdünnte Lösung). Die drei Bänder im Violett sind, so viel mir bekannt ist, bisher unbeachtet geblieben.

Fig. 4. Alkoholisches Extract der Rindsgalle (concentrirtere Lösung). Die Streifen vor und hinter D sind bereits von *Heynsius* und *Campbell* (*Pflüger's* Archiv. Jahrg. IV. Tafel VII. Spectrum 10) aufgefunden. Der von diesen Autoren bei C gezeichnete dunkle Streifen konnte von mir nicht erkannt werden.

Fig. 5. Alkoholisches Extract der Leber von Eledone moschata.

Fig. 6. Alkoholisches Extract der Leber von Helix pomatia.

Fig. 7. Alkoholisches Extract der Leber von Limnæus stagnalis.

Fig. 8. Alkoholisches Extract der Leber von Mytilus edulis.

Digitized by Google

Beobachtungen über Druckblindheit.

Von **W. Kühne.**

Im 16. Bande von *Pflüger*'s Archiv (S. 409) beschreibt *S. Exner* einen Versuch über das Sehen mit gedrücktem Bulbus, aus welchem er Schlüsse auf chemische Processe und zur Kenntniss der Regeneration in der Netzhaut zieht. Indem man die Grenze einer das ganze Sehfeld einnehmenden schwarz-weissen Fläche fixirt und dabei den Bulbus einem allmählich steigenden Drucke so lange unterwirft, bis nahezu alle Wahrnehmung schwindet, sieht man ein in der schwarzen Hälfte des Grundes angebrachtes, jetzt erst durch Wegziehen eines schwarzen Papiers enthülltes, weisses Object zunächst deutlich auftauchen und nachträglich verschwinden. Die Erscheinung ist ausserordentlich schlagend, und ich bemerke sie auch dann noch, wenn ich das Auge so stark oder so lange drücke, dass es mir vor dem Wegziehen der genannten Bedeckung völlig erblindet und das ganze Sehfeld von einer schwarzvioletten Wolke eingenommen scheint.

Von den Erfahrungen über den Sehpurpur und dessen photochemische Zersetzung ausgehend, sucht *Exner* die Thatsache zu erklären, indem er sagt, die durch Blutverarmung um die Versorgung mit neuem Purpur oder ähnlichen „Sehstoffen" gebrachte Netzhaut bewahre da, wo sie vom Lichte nicht getroffen wird, noch einen Vorrath jenes zum Sehen nöthigen Materials; falle später Licht auf die zuvor verschonten Netzhautstellen, so kämen die Sehstoffe zur Verwendung und Lichtempfindung sei die Folge.

Digitized by Google

Wiederholungen und Abänderungen des Versuches, die *Exner* in berechtigter Sorge um sein Auge unterliess, führen mich zu einer abweichenden Interpretation.

Ersetzt man die schwarze Bedeckung durch einen Bogen weissen Papiers, den man nur soweit über die schwarze Hälfte des Grundes schiebt, dass ein schwarzer Streif in dem nun überwiegend weissen Sehfelde übrig bleibt, und fixirt man diesen, während das Auge gedrückt wird, so erhält man genau denselben Erfolg, d. h. das kleine weisse Object wird auf dem plötzlich enthüllten schwarzen Grunde von dem scheinbar bereits erblindeten Auge noch in voller Deutlichkeit gesehen, bevor alle Wahrnehmung aufhört. Hier wird die Netzhautstelle, auf die es ankommt, dauernd vom hellsten Lichte getroffen und ihr Vorrath an Sehstoffen nach *Exner*'s Auffassung gerade so erschöpft, wie auf der Hälfte, welche in seinem Versuche nur dem weissen Theile des Sehfeldes entsprach, und doch sieht man das nachträglich vorgeführte Object anscheinend mit derselben Deutlichkeit.

Ich bin der Meinung, dass es sich sowohl bei dem ursprünglichen, wie bei dem modificirten Versuche um eine im entscheidenden Augenblicke erfolgende Art der Erregung handelt, für welche auch das gedrückte und vermeintlich erblindete Auge aus bekannten Gründen noch tauglich ist: während wir von den die Netzhaut gleichmässig und dauernd treffenden Erregungen nichts mehr bemerken, wenn die Erregbarkeit bis zu einem gewissen Grade durch den Druck oder die Blutarmuth gesunken ist, gelangt der Zustand des Organs noch zur Wahrnehmung, wo starke Unterschiede der Erregung entstehen. Es ist derselbe Fall, wie bei Empfindungsunterschieden überhaupt, welche sowohl räumlich, wie zeitlich genommen, das kräftigste Mittel sind, um die centrale Reaction gegen peripherische Reize zu wecken. Das Experiment lässt sich daher auch in der Weise umdrehen, dass man die weisse Hälfte des Sehfeldes mit einem schwarzen Objecte

Digitized by Google

versieht, dieses weiss bedeckt und hervortreten lässt, wenn das gedrückte Auge nichts mehr sieht: das Object wird dann deutlich auf einem eigenthümlich glänzenden hellen Grunde wahrgenommen.

Es gab ein Mittel, die als ein neues Moment unwillkommenen Empfindungsunterschiede für den gegenwärtigen Zweck unwesentlich werden zu lassen und ein Experiment anzustellen, welches den *Exner*'schen Versuch von allen Einwendungen entlastet. Man klebe 3—4 Ctm. vom Rande einer mattschwarzen Tafel parallel mit jenem und in derselben Entfernung von einander 2 weisse Quadrate von 2—3 Ctm. Seite, lege daneben ein weisses Blatt und bedecke die kleinen Quadrate so mit einem aus weissem und schwarzem Papier zusammengeklebten Bogen, dass dessen Grenze zwischen sie fällt. Das Sehfeld ist jetzt mit Ausnahme eines schwarzen Quadranten weiss. Fixirt man den Mittelpunkt mit dem gedrückten Bulbus, bis man glaubt vollkommen erblindet zu sein, so tauchen die weissen Blättchen bei plötzlichem Wegziehen der schwarz-weissen Bedeckung beide auf, aber das, welches weiss verdeckt war, erscheint grau gegen das andere, das nun in hellstem Weiss unter der schwarzen Decke hervortritt. Es braucht kaum gesagt zu werden, dass die Beobachtung nur insofern Neues enthält, als die genannten Helligkeitsunterschiede beim Sehen mit gedrücktem Bulbus unvergleichlich beträchtlicher ausfallen, als wenn man sich des normalen Auges und dessen Ermüdung durch langes Hinstarren bedient.

Bei allen diesen Versuchen ist begreiflicher Weise die Wahl des richtigen Augenblickes, den man durch Uebung findet, zum Aufdecken des Objectes wichtig, denn das zu lange comprimirte Auge sieht überhaupt nichts mehr, auch wenn vor der Probe gar kein Licht hineinfiel. Je heller das Object ist, desto länger hat der Druck zu dauern: man thut daher gut, die Beleuchtung so schwach wie möglich zu nehmen. Um das Bild eines nahe gerückten Argandbrenners zum Schwinden zu bringen,

Digitized by Google

bedurfte ich so langer Zeit, dass ich mich zur Wiederholung des Versuches nicht entschliessen mochte. Ich hatte dabei den Eindruck, als ob das Bild nach dem ersten Verlöschen in einem gewissen Rhythmus wieder auftauchte, aber ich vermag nicht zu sagen, wie weit es gelungen war, den Druck constant oder hinreichend zu erhalten. Unter schwacher Beleuchtung halte ich die Beobachtungen dagegen für kaum gefährlich, denn ich bringe es im gänzlich verfinsterten Raume nach sehr kurzer Zeit dahin, absolut nichts mehr zu sehen, wenn Jemand die Thür hinter mir soweit öffnet, dass er alle um mich befindlichen Gegenstände oder ein weisses Blatt, das vor mir liegt, gerade scharf erkennt.

Das Unternehmen *Exner*'s, durch subjective am Menschen angestellte Beobachtungen die photochemische Hypothese des Sehens zu stützen, ist gewiss nur freudig zu begrüssen und ich würde um so weniger Veranlassung finden, der Auffassung seines Versuches fern zu bleiben, als ich denselben so umzugestalten vermochte, dass er den dagegen zu erhebenden Bedenken nicht mehr unterliegt. Die Thatsache aber, dass Steigerung des intraoculären Druckes in ganz kurzer Zeit auch ohne Mitwirkung von Licht Blindheit erzeugt, spricht gegen die **ausschliessliche** Erklärung der Erscheinungen durch Vorräthe von Sehstoffen, oder deren Verzehrung mittelst des Lichtes, und es scheinen mir die Deductionen *Exner*'s darum nur insofern und im Allgemeinen das Richtige zu treffen, als sie überhaupt an chemische Vorgänge in der Nervensubstanz anknüpfen. Wir können uns in der That nur so Vorstellungen über Störungen, welche Aenderungen der Blutcirculation und der Ernährung an den nervösen Apparaten erzeugen, verschaffen, dass wir daran eine chemische Veränderlichkeit voraussetzen, welche zugleich die der Erregbarkeit und des Leitungsvermögens bedingt.

Das Erblinden der Netzhaut nach Einschränkung oder Unterbrechung der Circulation im Auge ist zunächst nicht über-

Digitized by Google

raschender, als Ohnmacht und Bewusstlosigkeit bei Hirnanaemie es sind, und da die Retina ein Theil des Hirns ist, wie dieses gewebt aus Nervenzellen und -Fasern, so bedarf es besonderer Gründe, um ihr noch in anderem Sinne, als es für die genannten Elemente angenommen wird, Abhängigkeit von der Ernährung zuzuschreiben. Solche Gründe finden sich in der anatomischen Einrichtung ihres Sinnesepithels, der Stäbchen- und Pigmentschicht, und in der bei Warmblütern erwiesenen physiologischen Beziehung der Regeneration des Sehpurpurs zur Blutcirculation, aber welche Gründe gibt es, anzunehmen, dass ausschliesslich der Vorrath lichtempfindlicher Stoffe oder der photochemisch wirksame Theil und nicht zugleich der leitende des ganzen Apparates unter der Combination von Licht und Druck auf das Auge leiden? *Exner* meint, und ich könnte mich von neuen Grundlagen aus ihm bis soweit anschliessen, weil die Lichtwirkung das Erblinden des gedrückten Auges befördert oder beschleunigt, müsse man den Lichtempfänger allein für afficirt halten. Man darf darauf wohl antworten, weshalb denn wenige Secunden später ohne alles Licht die gleiche Störung auftritt und weshalb ein blutarmes Auge mit dem vermeintlich ungelähmten Leitapparate nichts mehr sieht, obwohl ihm der einzige bekannte Stoff, auf welchen hin von hypothetischen Sehstoffen die Rede ist, d. h. der Sehpurpur nachweislich in grosser Menge erhalten blieb.

Ich bin zwar auch der Ansicht, dass die Nervenfaser sogar bei Warmblütern in hohem Grade unabhängig von der Ernährung durch Blut und Lymphe fungirt, aber ich möchte das Gleiche von den übrigen der Retina, ausser dem Sinnesepithel, zukommenden Bestandtheilen, den Körnern und Ganglien nicht annehmen, trotz der Weitmaschigkeit ihres Gefässnetzes und der Erfahrung, dass es Netzhäute von Säugern (Pferd, Kaninchen) gibt, welche zum stark überwiegenden Theile gefässlos sind. Wie die Ernährung der vorderen Schichten in den letzteren Ausnahmsfällen

Digitized by

geschieht, wissen wir nicht, aber am Menschen ist durch ärztliche Erfahrungen sichergestellt, dass Störungen des retinalen Kreislaufes schnell Erblindung bewirken, unter Umständen also, wo das Sinnesepithel, welches vermuthlich ganz auf den Chorioïdalstrom angewiesen ist, wohl noch intact und nur der gangliöse Leitapparat beeinträchtigt ist. Bei Druck auf den Bulbus wird freilich auch die Chorioïdea an Blut verarmen und in dem Sinnesepithel der Antheil zu leiden beginnen, den ich als den Empfänger des chemischen Reizes im Gegensatze zu den Lichtempfängern oder den photochemisch zersetzlichen Stoffen (Sehstoffen, Sehregern) bezeichnen möchte.

Seit dem Nachweise photochemischer Processe in der Retina sind in diesem Organe offenbar mindestens 2 etwa in der Weise verschiedene Arten chemischer Vorgänge anzunehmen, wie die, welche wir z. B. am Geschmacksorgane unbedenklich unterscheiden, indem wir eine oberflächliche Aetzung des Sinnesepithels nicht mit der ganzen darauf folgenden Kette chemischer Processe, welche für die Leitung im nervösen Geschmacksapparate in Betracht kommen, zusammenwerfen, und solches Unterscheiden wird nicht nur gefordert, weil das Sinnesorgan aus verschiedenen Geweben besteht, sondern ist auch im einzelnen anatomischen Elemente, hier in der Epithelzelle, berechtigt und nothwendig. Will man nun heute entscheiden, welche der beiden Arten chemischer Vorgänge am meisten auf den Ernährungsstrom angewiesen zuerst im gedrückten Bulbus unmöglich wird, und Wahrscheinlichkeiten gelten lassen, wie *Exner* es thut, so kann nur an Bekanntes angeknüpft und angenommen werden, dass nicht die erste, sondern die zweite Art mit der Circulation geändert wird, denn vom Sehpurpur ist die vollkommene Unabhängigkeit sowohl des Bestandes, wie der Zersetzung durch Licht, von allen sogenannten Lebensbedingungen, ja in gewissem Grade und innerhalb der hier in Betracht kommenden kurzen Zeit sogar die Regeneration ohne

Digitized by Google

Blutzufuhr zum Retinaepithel beim Säuger nachgewiesen. Ich habe mich auch zum Ueberflusse überzeugt, dass der Sehpurpur im Auge lebender Kaninchen durch Druck ohne Licht[1]) in längerer Zeit nicht schwindet, und selbst bei Beleuchtungen von der Intensität und Dauer, wie ich sie zu den Druckversuchen an meinem Auge benutzte, keine Veränderung erkennen lässt. Es heisst also den „Sehstoffen" ein wesentlich anderes Verhalten, als ihrem Modelle, zuschreiben, wenn man die Druckblindheit nicht auf Störungen des Leitapparates zurückführt.

Darin, dass *Exner* die letztere Annahme ganz verwirft, liegt die Verschiedenheit seiner Auffassung von der meinigen, während er bezüglich des von der Ernährung unabhängigen Vorrathes an Sehstoffen scheinbar auf dem soeben erörterten Standpunkte steht. Es lag mir aber daran zu zeigen, dass die Uebereinstimmung nur scheinbar und den Thatsachen gegenüber gar nicht vorhanden ist; nimmt man keine sich allmählich entwickelnde Lähmung des Leitapparates an, so bleibt das Erblinden ohne vorgängigen Lichtreiz entweder ganz unerklärt, oder man muss den höchsten Grad der Abhängigkeit des Vorrathes der Sehstoffe von der Ernährung annehmen, also das Gegentheil von Dem, was wahrscheinlich gemacht werden sollte.

So viel ich sehe, liegt in den Thatsachen nichts, was meiner Annahme widerspräche, da Alles, was beobachtet wird, gerade so verlaufen muss, wenn die im weitesten Sinne als Leitapparate aufzufassenden Theile der Netzhaut an Erregbarkeit einbüssen oder, anders ausgedrückt, in ihrer chemischen Integrität aus Mangel an Ersatz gestört werden. Diese Stücke des ganzen nervösen Sehapparates sind es eben, die analog allen Erfahrungen an der grauen Substanz anderer Orte nach Aufhebung des Er-

[1]) Starker Druck erzeugt am Kaninchenauge colossale Pupillenverengung; beim Menschen sah ich öfter im Augenblicke des Erblindens schwache Erweiterung eintreten.

Digitized by Google

nährungsstromes schnell den Dienst versagen und deren Paralyse ohne Frage beschleunigt wird, wenn in die kurze Frist, bis zu dem, an sich erfolgenden vollständigen Verluste der Erregbarkeit, noch Reize fallen. Man wird vergeblich nach einer das Sehen in unserem Falle betreffenden Erscheinung suchen, welche nicht mit Umgehung der intraocularen Drucksteigerung durch anderweitige Einflüsse auf den nervösen Apparat auch erzielt werden könnte. Wir erreichen dasselbe bei Ermüdung durch übertriebene Intensität oder zu lange Wirkung des Lichtes, dasselbe durch ausserordentlich schwache Belichtung; im ersten Falle wirkt die maximale Intensität, weil sie die Erregbarkeit stark herabsetzt, alsbald wie minimale, im letzteren ist der Effect demjenigen gleich, welchen mittlere Intensitäten am nahezu gelähmten Organe erzeugen. Starre ich im fast verfinsterten Zimmer auf einen schwarz-weissen Bogen, bis die Grenze verschwimmt, was sehr schnell geschieht, so brauche ich nur ein weisses Object auf der schwarzen Hälfte plötzlich aufzudecken, um durch den sehr deutlichen Anblick an die Macht der Empfindungsunterschiede gemahnt zu werden, wie in dem *Exner*'schen Versuche, und wenn ich eine in schwarze und weisse Sectoren getheilte, rotirende Scheibe aus dem Hellen, wo sie stark flimmert, in die Dämmerung versetze, sehe ich sie so homogen grau, wie *Exner* es sehr richtig (l. c.) für die Betrachtung mit gedrücktem Bulbus auch beschreibt. So kommt man also auf die verschiedenste Weise zu denselben Wahrnehmungen und muss sich fragen, welche es noch für den gedrückten Bulbus gebe, die den Leitapparat seiner Netzhaut intakt erscheinen lasse.

Seit *Donders'* erster Beobachtung über künstliche Druckblindheit sind von *M. Reich* Versuche über dabei auftretende Aenderungen des Farbensehens angestellt (Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XII, S. 238). Da ich die Arbeit von *Reich* erst nachträglich kennen lernte, war ich in der Lage deren Angaben sehr unbefangen zu

Digitized by Google

bestätigen. Auch mir vergiengen alle Farben nach vorherigem Uebergange in Weiss oder Grau und indem das Grün vor dem Roth weiss wurde. Es ist aus *Reich*'s Bemerkung (S. 250 l. c.) nicht klar zu entnehmen, ob er sich überall auch auf Spectralfarben bezieht, und darum vielleicht die Mittheilung willkommen, die ich hinzufügen kann, dass der Versuch mit dem Spectrum vorzüglich gelingt. Man braucht nur eine Farbe desselben gesondert durch ein Diaphragma auf ein Stückchen weissen Papiers von entsprechender Grösse, das auf eine schwarze Tafel geklebt ist, fallen zu lassen, um sie im Dunkelraum mit gedrücktem Bulbus bei Grün und Roth durch Gelb schlagend, beim Blau anscheinend direkt in lichtschwaches Weiss übergehen zu sehen. Bekanntlich ist es nicht anders bei starker Dämpfung des Lichtes, wenn man z. B. mit trübem Tageslichte und sehr engem Spalte arbeitet, wo man zuletzt wohl noch etwas wahrnimmt, aber jede Farbenempfindung aufhört, also Weiss gesehen wird. Vom ganzen Spectrum wird so schliesslich nur noch Gelbgrün als ein falber Streif ohne farbigen Charakter gesehen. Es ist unnöthig daran zu erinnern, dass Gemälde in tiefer Dämmerung farblos erscheinen, Aquarelle namentlich wie Lithographieen, bunte Teppiche wie Trauerstoffe, man kann aber dieselbe Veränderung im besten Lichte sehen, wenn man mit gepresstem Auge darauf blickt.

Das von *Reich* zuerst bemerkte Auftreten eines dunklen Schattens im lichten Sehfelde am Fixirpunkt, womit die Druckerscheinungen beginnen, schien darauf zu deuten, dass in der Retina zuerst die Zapfen der Fovea, dann vielleicht die Zapfen überhaupt vor den Stäbchen unter der Blutverarmung leiden und dass es ein Stadium geben werde, wo wir noch mit den bezüglich der Ernährung vielleicht selbständigeren Stäbchen sehen, also nach der *M. Schultze*'schen Hypothese wohl noch Licht, aber keine Farben mehr wahrzunehmen vermögen. Man kommt jedoch von dieser Auffassung zurück, wenn man beachtet, dass

der erwähnte Schatten nicht genau am Fixirpunkte, sondern etwas nach aussen davon im Sehfelde liegt, und dass es nicht die centralen zapfenreichen, sondern die peripheren, überwiegend Stäbchen führenden Netzhautstellen sind, wo die Farben nicht nur zuerst in Weiss übergehen, sondern, was wichtiger ist, überhaupt am schnellsten gänzlich verschwinden. Indess bleibt die Frage noch der Erledigung durch weitere Untersuchungen opferwilliger Augenbesitzer vorbehalten.

Wie man sieht, führt auch die Ausdehnung der Druckversuche auf die Farbenwahrnehmung zu keinen andern Resultaten, als zu den bereits von andern Forschern (*Aubert*, *Hering*, *Landolt* u. A.) mittelst Herabsetzung der objectiven Intensität, Verkleinerung der Bilder oder Verlegung derselben auf die Peripherie der Netzhaut erhaltenen.

Stellt man den Eingangs erwähnten modificirten *Exner*'schen Versuch statt mit 2 weissen, mit 2 farbigen Objecten an, so fällt ein anscheinend höchst paradoxes Phänomen auf. Was ich darüber zu sagen habe, bezieht sich vorwiegend auf Objecte von rothem, wenig zum Purpur neigenden, nicht glänzenden Papier sehr gesättigter Färbung, aber ich zweifle kaum, dass es auch für andere Farben, mit welchen ich nur wenige Beobachtungen anstellte, gültig, obschon vielleicht minder schlagend befunden werde. Ich musste wegen der Warnungen, welche alle mit dem Gegenstande Vertrauten gegen Druckversuche erheben, von weiterer Verfolgung der Sache abstehen.

Das Phänomen ist dieses: im Augenblicke des Aufdeckens, das wie immer erst geschieht, wenn kein Licht mehr wahrgenommen wird, erscheint das schwarz bedeckt gewesene, rothe Quadrat weiss, das weiss verhüllte und gleichzeitig aufgedeckte intensiv roth: eine Stelle der erblindenden Retina also, die kein Licht empfing, erweist sich schlechter farbenempfindlich, als eine zuvor intensiv belichtete.

Dieser Unterschied fällt begreiflich weg, wenn die Bedeckung dasselbe Licht aussendet, wie das unterliegende Object; zieht man also im geeigneten Augenblicke ein roth-schwarzes Papier fort, so scheinen die beiden kleinen rothen Quadrate gleich, gelblich oder weiss. Anders ist es, wenn neben dem Schwarz Blau oder Grün benutzt werden, denn hier taucht die rothe Farbe des Objectes wieder zu der Zeit auf, wo das nebenstehende, schwarz verhüllt gewesene schon weiss aussieht.

Lässt man in der Decke die Farben mit Weiss concurriren und wählt zunächst Roth, so wird nur das von dem letzteren befreite Object weiss, das andere richtig gesehen, während nach der Vorbereitung mit Weiss und Blau das von der farbigen Ueberlage befreite gelblich neben dem anderen normal roth gebliebenen gefunden wird. Gleichheit ist endlich wieder vorhanden nach dem Zu- und Aufdecken mit Weiss und der Complementärfarbe des Objects, also mit Grün.

Hiernach sind Belichtungen der Netzhaut im gepressten Auge für die normale Reaction auf eine nachträglich gezeigte Farbe unter keinen Umständen nachtheilig, indifferent wie der Mangel des Lichtes selbst, wenn sie gleichfarbig sind; am förderlichsten, wie das weisse Licht, die complementären; etwas weniger zweckmässig und bemerkbare Zumischung ihrer Complementärfarbe hinterlassend, solche der übrigen Farben.

Dies Alles scheint paradox, weil man nach dem modificirten *Exner*'schen Versuche hätte erwarten können, dass die für das erblindende Auge charakteristischen Wahrnehmungen (hier das Abblassen der Farben) um so deutlicher und früher erfolgen müssten, je mehr dasselbe während der Nachtheile, denen es während der Compression ausgesetzt ist, noch vom Lichte angestrengt wird. Aber es handelt sich auch in diesem Falle wieder um Wahrnehmung von Empfindungsunterschieden, und die Entscheidung, ob man etwas Anderes als blos Licht oder Weiss sieht gelingt

Digitized by Google

uns am besten, wenn wir eine weniger zweifelhafte Empfindung daneben haben oder am nämlichen Orte unmittelbar vorher hatten. Ob Licht im Allgemeinen empfunden werde oder nicht, wird am leichtesten entschieden, wenn nach oder neben einander nicht (schwarz) empfindende Stellen mit den schwach belichteten verglichen werden, ob Farbe oder farbloser Lichtschimmer, wenn in derselben Weise farblose oder andersfarbige Wahrnehmungen zum Vergleiche da sind, jedenfalls besser, als wenn der Gegensatz mit Nicht-Licht vorwiegend zur Entscheidung über die Lichtempfindung an sich drängt und von deren weiterer Qualität absehen lässt. Zum Gegensatze für eine Farbe eignen sich, wie der Versuch lehrt, in bemerkenswerther Weise gleich gut Weiss und die complementäre, welche hier wieder recht als „Gegenfarbe“ (*Hering*) auftritt, insofern der ihrer Wirkung nachfolgende Process schon zur Empfindung der Farbe führt, die erkannt werden soll. Die immerhin noch günstige Wirkung anderer Farben dürfte darauf beruhen, dass sie bis zu einem gewissen, obschon geringeren Grade auch noch die erforderlichen Gegensätze darstellen und dass ihre Nachbilder, die später zu erkennende Farbe freilich modificirend, zur farbigen Wahrnehmung beitragen.

Digitized by Google

Ueber die Stäbchenfarbe der Cephalopoden.

Briefliche Mittheilung an den Herausgeber

von

C. Fr. W. Krukenberg.

Triest, den 10. April 1878.
K. k. Zoologische Station.

Ihrem Wunsche entsprechend habe ich durch einige Versuche an lebenden Thieren und durch Behandlung der isolirten Retina mit verschiedenen Reagentien festzustellen versucht, ob die Cephalopoden Sehpurpur besitzen oder nicht.

Mir standen hier als Versuchsthiere: Loligo vulgaris, Sepia officinalis, Eledone moschata und Sepiola Rondeletii zur Verfügung, von denen nicht nur wegen der Grösse der Augen und der geringen Wölbung des Augenhintergrundes, sondern vielmehr noch wegen der annähernd cubischen Form des Kopfes und der lateralen Stellung der Augen Loligo das bei Weitem beste Object zu derartigen Untersuchungen bildet. Daran habe ich auch die Untersuchungen anstellen können, zu deren Ausführung es des lebenden Thieres bedurfte.

Um den Einfluss des Lichtes auf den Stäbchenpurpur zu prüfen, verfuhr ich folgendermassen: Von zwei lebenden grossen Loligo wurde jeder derart auf einer dunkeln Unterlage befestigt, dass das eine nach unten gerichtete Auge dunkel gehalten wurde, das andere den Strahlen der sehr wirksamen Mittagssonne 1—2 Stunden exponirt blieb. Das belichtete Auge wurde sodann an

Digitized by Google

Ort und Stelle exstirpirt, geöffnet und in eine 10%ige Kochsalzlösung gelegt. In dieser blieb es die 5 Minuten liegen, welche die Exstirpation und Präparation des dunkel gehaltenen Auges in Anspruch nahm. Diese wurde in einem verdunkelten Zimmer bei Natronlicht ausgeführt, das Auge ebenfalls in eine 10%ige Kochsalzlösung gebracht und mit dem wenige Schritte entfernten und dauernd stark belichteten andern Auge des Thieres verglichen. Die Farbe der Stäbchen beider Augen liess in den angestellten Versuchsreihen absolut keinen Unterschied erkennen, und es darf somit behauptet werden, dass der Stäbchenpurpur der Cephalopoden ebenso wenig lichtempfindlich ist, wie nach Ihren Untersuchungen derjenige von Astacus. Auch an Sepia wurde dieser Versuch ausgeführt und zwar mit dem nämlichen Erfolge. Eledone eignet sich schlecht zu den Belichtungsversuchen, weil die Pupille eng und die Augen nicht so frei an der Oberfläche liegen, wie bei den übrigen Cephalopoden. Eine andere Versuchsanordnung wird sich nicht leicht zur Entscheidung der Frage nach der Lichtempfindlichkeit des Stäbchenpurpurs der Cephalopoden am lebenden Thiere treffen lassen; denn wie ich mich an einer grossen Anzahl von Thieren hinreichend überzeugen konnte, ist die Farbe nicht bei allen gleich intensiv, sondern unterliegt grossen individuellen Schwankungen. Bei einem wenige Stunden vorher im Aquarium abgestorbenen Exemplare von Sepiola war von der Stäbchenfarbe überhaupt nichts bemerkbar. Dass diese Differenzen sich nicht auf Veränderungen post mortem zurückführen lassen, wird damit verbürgt, dass auch bei sofort geöffneten Augen die Intensität des Stäbchenpurpurs zuweilen beträchtlich verschieden war, und dass andererseits seit mehreren Tagen abgestorbene Exemplare denselben in ausgezeichneter Weise erkennen liessen. Auch gelang es mir, in schwacher Kochsalzlösung (von etwa 2%) den Stäbchenpurpur längere Zeit zu conserviren.

Digitized by Google

Durch die Güte des Herrn Dr. *Gräffe* in den Besitz einer grossen Menge von Sepiola gelangt, habe ich meine Versuche über die Einwirkung von Reagentien auf den Stäbchenpurpur der Cephalopoden vorzugsweise an dieser Art ausgeführt. Ich habe gefunden, dass der Stäbchenpurpur durch 2 pr. m. HCl, 5%ige Essigsäure, 4%ige Oxalsäure, durch Lösungen von Kupfervitriol und Bleiacetat, sowie durch Alkohol zerstört wird, während er sich in Kochsalzlösungen sehr verschiedener Concentration (2—30%), in Lösungen von schwefelsaurem und phosphorsaurem Natrium, sowie in Benzol als haltbar erweist. Durch Einlegen in Chlorbariumlösung und Glycerin wird die Cephalopoden-Retina blass. Im Aetzammoniak wurde ein Lösungsmittel für den Purpur der Cephalopoden gefunden, mittelst dessen sich, wie ich hoffe, bald weitere Resultate gewinnen lassen.

Diese Einwirkungen der Reagentien nahm ich, wie gesagt, an der herausgenommenen Retina vor; doch sei bemerkt, dass die Präparation derselben an frischen Augen nicht gut gelingt; es bedarf dazu einer vorhergegangenen 1- bis 2tägigen Maceration in Kochsalzlösung. Diese (ohne sichtlichen Einfluss der Concentration) eignet sich sehr gut zu diesem Zwecke, während ich Alaunlösungen, welche den Stäbchenpurpur zwar auch unverändert lassen, hierzu ungeeignet fand.

Beim Eintrocknen der Retina auf einem Uhrglase oder auf einem Porzellanschälchen nimmt die Farbe der Stäbchen bemerklich ab, ohne jedoch ganz zu verschwinden. Benetzen mit Kochsalzlösung stellt die ursprüngliche Intensität nicht wieder her.

Der Stäbchenpurpur ist nicht nur sehr resistent dem Lichte gegenüber — wovon ich mich ausser am lebenden Thiere noch an der herausgenommenen Retina, welche mehrere Stunden in einer Kochsalzlösung dem Sonnenlichte exponirt, und durch dasselbe nicht bemerkbar verändert wurde, überzeugen konnte —, sondern er erträgt auch eine ziemlich hohe Temperatur. Beim

Digitized by Google

Erwärmen der Retina in einer 30 %igen Kochsalzlösung auf 70° C. büsst der Purpur kaum etwas von seiner Färbung ein, und nur längeres Erwärmen bei 100° C. bleicht die Retina allmählich, aber vollständig.

Zur Extraction des Stäbchenpurpurs ist es erforderlich die Retina zu isoliren, und diese dann mit Ammoniak zu behandeln, weil im Cephalopodenauge noch andere, ausserhalb der Retina gelegene, in Ammoniak mit rothgelber Farbe sich lösende Pigmente vorkommen, welche aber weder auf Zusatz von concentrirter Salzsäure und starker Natronlauge noch durch Alkohol wesentlich verändert werden. Auch mittelst Kochsalzlösung lässt sich aus den Cephalopodenaugen ein stark gelbgefärbtes Pigment extrahiren, welches ebenso wenig licht- und wärmeempfindlich ist, wie der Stäbchenpurpur. Ich habe diesen gelben Farbstoff spectroskopisch untersucht. Im Spectrum tritt mit zunehmender Concentration der Lösung eine im violetten Ende rasch bis b fortschreitende Verdunkelung auf, während die Verdunkelung im rothen Ende nicht über B hinausgeht. Absorptionsbänder fehlen vollständig. Nur dieses Pigment lässt sich, wie es scheint, durch Galle aus den Cephalopodenaugen gewinnen, während der Stäbchenpurpur in den mit Kochsalzlösung behandelten Augen von derselben nicht gelöst wird.

Erwiderung auf einen Angriff des Herrn Hoppe-Seyler.

Von **W. Kühne.**

In seinem neuesten Artikel „über Gährungsprocesse (Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. II. Hft. 1)“ sagt *Hoppe-Seyler* (S. 3 u. 4): „Neuerdings hat *Kühne* die Aufforderung ergehen lassen, gegen meine Unterscheidung aufzutreten, da er jedoch keinen irgend beachtenswerthen Grund hierzu anführt, halte ich es nicht für nöthig, etwas zu erwidern“. Das Wort „Unterscheidung“ bezieht sich hier auf die Annahme von Enzymen (löslichen Fermenten) in Gährungsorganismen und auf die Herleitung der Gährungsprocesse von diesen.

Darauf zur Antwort: Ich habe niemals *H.-S.*'s Unterscheidung zu begegnen aufgefordert, sondern seiner **Vermengung** ganzer Reihen verwickelter Lebensprocesse mit einzelnen wohl bekannten Enzymwirkungen, indem ich zeigte, dass Trypsinwirkung und Bacterienfäulniss, die *H.-S.* zusammengeworfen, zwei grundverschiedene Dinge sind. Wenn *H.-S.* heute beginnt, solche Unterscheidungen zu machen, wo er es bisher nicht gethan, so ist dies z. Th. ein Erfolg der Lectüre meiner „Erfahrungen und Bemerkungen über Enzyme und Fermente“ (Bd. II. dies. Unt. S. 291), von welchem man nur ebenso befriedigt sein kann, wie von *H.-S.*'s jetzigem Zugeständniss, dass er Ferment in der Hefe „nur den gänzlich unbekannten, durchaus hypothetischen Körper in der Hefe“ (l. c. S. 2) nenne, der aus Zucker

Digitized by Google

Alkohol und Kohlensäure bildet. Man wird sich erinnern, dass ich es war, der ihm dies vorhielt und der Forschung die Freiheit zu wahren suchte, einen solchen Körper anzunehmen oder nicht, indem ich es für unrecht erklärte, davon, wie von einer des Beweises nicht bedürfenden Sache zu reden, was *H.-S.* gethan hatte.

H.-S. sagt weiter: „ich halte die Hypothese, (solche Stoffe aufzustellen, *W. K.*) für nothwendig, weil die Gährungen chemische Processe sind, die auch chemische Ursachen haben müssen, wenn physikalische Einflüsse zu ihrem Zustandekommen, wie in diesen Fällen, nicht genügen". Ob das Letztere erwiesen oder z. Zt. überhaupt erweisbar sei, mag unberührt bleiben, jedenfalls ist *H.-S.'s* jetzige Motivirung der Annahme ein Fortschritt, wiederum durch meine Ausführungen veranlasst, da er früher statt seines heutigen Grundes die angebliche Thatsache geltend gemacht hatte, dass Bacterien nicht nur im Allgemeinen ein Ferment (Enzym) enthielten, sondern Pankreatin (Trypsin), also einen durchaus nicht gänzlich unbekannten und keineswegs rein hypothetischen Körper. Denselben in den Bacterien aufzugeben, zwingen ihn meine Versuche.

Da der Erfolg meiner Darlegungen ein so vollkommener gewesen ist und noch erfreulicher sein wird, wenn *H.-S.* oder Andere ihre Bemühungen nicht vergeblich fortsetzen, aus den hypothetischen Körpern thatsächliche zu machen, so bleibt es sachlich völlig gleichgültig, ob *H.-S.*, der meine Gründe so sehr beachtete, dieselben „beachtenswerth" nennt oder nicht, und selbstverständlich, dass er nichts Sachliches erwidert. Wenn ich aber trotz der mir so günstigen Situation Herrn *H.-S.* erwidere, so wird der Leser dies sicher gerechtfertigt finden durch die an die schlimmsten Zeiten wissenschaftlicher Polemik erinnernden Aeusserungen, deren sich *H.-S.* in einer Anmerkung (l. c. S. 3) gegen mich schuldig macht. Im Texte sagt er ausserdem: „die

Digitized by Google

Behauptung von *Kühne*, dass Bacterien in mit Aether gesättigten wässrigen Flüssigkeiten leben könnten, ist ernster Beachtung nicht werth". Der nächste Tag wird ihn belehren, welche colossale Bacterienzucht man erhält, wenn man ein mässig inficirtes Pankreas in mit Aether gesättigtem Wasser unter beliebigem Aetherüberschuss hinstellt. Ich würde den Schaden, den *H.-S.* ohne baldige und „ernste" Beachtung dieser Thatsache nehmen kann, bedauern, wenn wir nicht bereits wüssten, dass er Das nicht beachtenswerth nennt, was er soeben beachtet hat.

In der genannten Anmerkung hält *H.-S.* meiner Aeusserung: „seit die Zersetzung der Albumine durch den Pankreassaft von mir erkannt worden" u. s. w., die verdächtigende Bemerkung entgegen: „bekanntlich hat *Corvisart* die Pankreasverdauung zuerst bestimmt aufgestellt". Bekanntlich ist aber Niemand mehr und stets ausdrücklich bestätigend für *Corvisart*'s Lehre eingetreten, als ich, zu einer Zeit, wo dieselbe gänzlich übergangen, oder nur von sehr Wenigen mit starken Einschränkungen zugegeben wurde, und habe ich noch gegen *Hüfner* hervorheben müssen, dass *Corvisart* auch längst die Wirksamkeit der Alkoholfällung des Pankreasinfuses erwiesen. Aber Herrn *H.-S.* gefällt es, keinen Unterschied zwischen dem von mir mit Recht und Absicht gewählten Worte Zersetzung und dem von ihm eingeschobenen „Verdauung" zu machen und nicht nur heute, sondern seit Jahren möglichst davon absehen zu wollen, dass ich eben zuerst den Beweis geliefert habe für die Albuminzersetzung oder — Spaltung bei dieser Verdauung. Er sagt (l. c.), viel Leucin und Tyrosin mit Pankreas aus Eiweiss erhalten zu haben, sei das Einzige, was ich mit Recht für mich in Anspruch nehmen könne, aber er hätte hinzufügen können, dass dies lange Zeit überhaupt das Einzige war, was jene Zersetzung bewies. Dass *Hüfner* die Unterscheidung von Pankreaswirkung und Fäulniss durchgeführt habe, was *H.-S.* gleich darauf, wie es scheint, auch

Digitized by Google

gegen mich geltend machen will, ändert daran nichts, denn ich hatte vor *Hüfner* die Zersetzung bei 4 stündiger Digestion in saurer Lösung erhalten (Virchow's Arch. Bd. 39. S. 163), wo keine Spur von Fäulniss stattfand, und sehr bestimmt nicht Bacterien, sondern der Substanz des Pankreas die Wirkung zuschreiben können. Unter solchen Umständen und indem er mir das Wort (Zersetzung) mit berechneter Absicht verdreht, (in Verdauung), erlaubt sich *H.-S.* meinem Satze die Bemerkung anzufügen: „Alles ist unwahr", vielleicht in der Meinung, mit einer rohen Wendung eine andere Angelegenheit, die von mir berührt worden, rasch abthun zu können. Ich habe gesagt, die Herren *Lubavin* und *Möhlenfeld* hätten *H.-S.*'s Meinung, dass jede Verdauung die von mir erwiesene Eiweisszersetzung einschliesse, durch den Nachweis von Leucin und Tyrosin nach Pepsinwirkung darthun müssen. *H.-S.* vermeidet ersichtlich eine Selbstständigkeit der *Möhlenfeld*'schen Arbeit und dass ich hinsichtlich dieser das Richtige getroffen, zuzugeben, meint dagegen, die Untersuchungen von *Lubavin* seien von mir grundlos als unselbstständig verdächtigt. Ich kann natürlich nichts dagegen einwenden, wenn erklärt wird, *Lubavin* habe die Bildung von Leucin und Tyrosin bei der Magenverdauung „durchaus selbstständig gefunden", muss aber hervorheben, dass die Verantwortung dafür Herrn *H.-S.*, unter dessen Leitung die Arbeit, wie der Autor in der üblichen Weise am Schlusse sagt, ausgeführt worden, dennoch zufällt, da die so sehr betonte Selbstständigkeit bei einem Manne, der weder jemals vor noch nach seinem Besuche des *Hoppe*'schen Laboratoriums den Jahresberichten Anlass zur Aufführung seines Namens gegeben, selbstverständlich keine absolute sein kann. Bei Herrn *Möhlenfeld's* Untersuchung, für die *H.-S.* mit eintritt, bemerkt er, dass meine Befunde auf die Richtung seiner Arbeiten gar keinen Einfluss gehabt hätten. Es ist dies eine reine Unmöglichkeit: Aeltere Angaben und die Analysen von *Thiry* hatten

die Zusammensetzung der Peptone für gleich mit der der in Verdauung gegebenen Albumine erklärt, was neuerdings wieder von *Maly* gegen *H.-S.* und *Möhlenfeld* bestätigt worden und von *H.-S.* als richtig zugegeben zu sein scheint und es herrschte darum die Meinung, dass die Verdauung in einer nicht auf Zersetzung beruhenden Umwandlungsweise bestehe, wie es ehedem (auch nach *Lubavin*'s Citat) *Tiedemann* und *Gmelin* gedacht hatten. Während man so die fragliche Zersetzung weder behaupten noch verneinen konnte, erschien meine Pankreasarbeit, aus der man sicherer erfuhr, als es bis heute selbst durch alle späteren Peptonanalysen auch nur angedeutet worden, dass es eine Verdauung gebe, bei welcher schon bekannte und höchst charakteristische Zersetzungsproducte der Albumine auftreten; — und Das soll gar keinen Einfluss auf die Richtung von *H.-S.*'s viel späteren Arbeiten, die das gleiche Ziel verfolgten, gehabt haben? Niemand wird und kann das glauben! Wer der Sache näher steht, kann aus der Art freilich, wie *H.-S.* die an sich schon sehr unsicheren Befunde von *Lubavin* und *Möhlenfeld* in seinem Handbuche der physiol. u. pathol. chem. Analyse vor den meinigen, von Jedermann bestätigten, in den Vordergrund stellt, entnehmen, dass es ihm nichts verschlägt, die frühere Entdeckung zuverlässigerer Thatsachen ins Gefolge der späteren und zweifelhaften zu setzen, wird sich aber keineswegs damit überreden lassen, dass die früheren Beobachtungen die späteren nicht provocirt hätten; und wer die massenhafte Gewinnung des Leucins und Tyrosins bei der Pankreasverdauung erprobt hat, wird finden, dass *H.-S.* aus Mücken Elephanten macht, indem er die winzigen von *Möhlenfeld* bei der Pepsinverdauung erhaltenen Mengen jener Körper daneben stellt. Soll ich noch hinzufügen, dass das Caseïn nach *H.-S.*'s und *Lubavin*'s eigenen Angaben kein einfaches Eiweiss ist, also hier gar nicht maassgebend war und dass *Möhlenfeld* das Auftreten des Tyrosins selbst nicht für sicher

Digitized by Google

erwiesen hält? So war die Sachlage und dennoch schrieb *H.-S.* (a. a. O., 4. Aufl., S. 248): „Nach den Untersuchungen von *Lubavin* und *Möhlenfeld* bilden sich bei der Einwirkung von Magensaft auf Caseïn oder Fibrin Leucin und ein dem Tyrosin sehr ähnlicher, wohl damit identischer Körper, sowie dies *Kühne* auch bei der Verdauung des Fibrins durch die Pankreasdrüse gefunden hatte". Indem ich gegen solche Darstellung protestire, verfolge ich keineswegs persönliches oder Autoreninteresse, sondern ein sachliches. Mag es noch so oft wiederholt werden, dass die Pepsinverdauung aus den in Verdauung gegebenen Albuminen Leucin und Tyrosin bilde, die Angabe ist und bleibt falsch und wenn *H.-S.* sich nicht dazu verstehen will, die von mir aufgedeckte Quelle des Irrthums zu prüfen, so fällt der von ihm beliebten Darstellung z. Th. die Verantwortlichkeit für die heutige Verwirrung in der Verdauungslehre zu, welche das Pepsin zu einem Spaltungsmittel der Peptone wie das Trypsin macht. Dass damit Eiweissspaltung bei der Pepsinbildung durch Magenverdauung nicht geläugnet werde, habe ich an andrer Stelle bereits ausgeführt und *H.-S.*'s voreilige Bemühungen, die Körper, aus deren Auftreten dies hervorgeht, zu discreditiren, werden meiner Freude keinen Abbruch thun, endlich das Verständniss für die von uns Allen verkannten Angaben *Meissner*'s gefunden zu haben, denen so wenig gefehlt hat um die digestive Zersetzung der Albumine zu einer wohlbegründeten Thatsache zu machen. Was *H.-S.* sich im Uebrigen hinsichtlich meiner Arbeit zu sagen gestattet, veranlasst mich nur für Leser, welche dieselbe nicht kennen, zu bemerken, dass wahrscheinlich auf sie bei der Aeusserung, meine Mittheilungen enthielten ausser Phrasen und fremden Ideen kaum etwas, gerechnet worden, da *H.-S.* den Platz schwerlich anzugeben wüsste, wo dergl. zwischen der grossen Zahl meiner Versuche zu finden wäre.

Endlich bekennt *H.-S.* sich auch zu einem Irrthume, den

Digitized by Google

ich ihm mit Recht vorgehalten und schliesst mit den Worten: „Ich bedaure mein Versehen um so mehr, als es sich nun zeigt, dass die betreffende Angabe von *Kühne* überhaupt nichts Bemerkenswerthes enthielt und ich sie hätte ganz übergehen können". Ersichtlich kann Das nur zweierlei bedeuten: entweder war die Angelegenheit an sich nicht der Erwähnung werth und *H.-S.* berührte sie nur, weil er sie für eine Gelegenheit hielt mir zu widersprechen, oder die Thatsache (Verhinderung der Trypsinverdauung durch sehr verdünnte Säuren) war zu besprechen und dann hätte er mich, der sie gefunden oder nach *Danilewsky* bestätigte und erweiterte, nicht erwähnt.

Es ist traurig, dass ein Schriftsteller Anlass nahm, solchen Einblick in seine Werkstatt zu gewähren!

Heidelberg, den 30. Mai 1878.

Digitized by Google

Beobachtungen
an der frischen Netzhaut des Menschen.

Von **W. Kühne.**

Durch die Güte der Herren Collegen *O. Becker* und *V. Czerny* ist es mir möglich geworden die Netzhaut eines normalen menschlichen Auges im denkbar frischesten Zustande zu untersuchen.

Die Gelegenheit fand sich bei der Exstirpation eines Epithelioms, welche die Entfernung des Bulbus nothwendig machte. Nach den von der Augenklinik erhaltenen Mittheilungen litt die 41jährige Patientin, Frau *B. B.* aus O., seit $1^1/_2$ Jahren an einem ausgebreiteten Epitheliom der Lider des rechten Auges, das auch die Conjunctiva bulb., sowie den äusseren und unteren graden Muskel ergriffen hatte. Genaue Prüfung der Functionen war wegen der in Folge starker Infiltrationen entstandenen Ptosis des oberen Lides nicht möglich gewesen und nur so viel festgestellt, dass das Sehvermögen wenn nicht ganz, doch annähernd normal geblieben, da bei entsprechender Kopfhaltung und Reposition des Lides allerfeinste Schrift gelesen werden konnte. Das linke Auge ist hypermetropisch und hat eine Sehschärfe von $^6/_9$—$^6/_6$; auf dem sonst normalen Hintergrunde sind die Chorioidalgefässe grösstentheils sichtbar, was mit den dunkelblonden Haaren einigermassen im Widerspruch steht. Zwei Stunden vor der Operation brachte Patientin in völliger Dunkelheit zu. Die in 3 Minuten von Herrn *Becker* vollendete Enucleation geschah in der Chloroformnarkose vor Natronlicht, in mässiger

Digitized by Google

Entfernung von 2 Bunsenbrennern mit Schornstein, deren Flammen mit je 2 an sehr feine Platindräthe angeschmolzenen Sodaperlen gelb erhalten wurden.

Das mir sofort (15. Mai 10 Uhr 45 Min.) überreichte Auge wurde weiter bei derselben Beleuchtung präparirt, durch einen dem Aequator parallelen, ziemlich weit nach vorn gelegten Schnitt getheilt, die vordere Hälfte in Alaun von 4 pCt., die hintere nach dem Ausstürzen der grössten Menge des Glaskörpers in NaCl von $^1/_2$ pCt. gelegt. Nachdem die Papille mit dem Locheisen von der Retina gelöst worden, betrachteten wir den Augengrund einige Secunden vor der leuchtenden Gasflamme, dann ebenso kurz an der nach einem Corridore hin wenig geöffneten Thür des Dunkelzimmers, wo durch nach Norden gewendete Fenster Licht des wolkenfreien blauen Himmels darauf fiel: es war uns nicht möglich, die Macula lutea oder die Fovea centralis auf dem gleichmässig hellbräunlichen (blass chocoladefarbenen) Grunde an irgend welcher abweichenden Farbennuance zu erkennen, obwohl uns der Verlauf der retinalen Blutgefässe nicht in Zweifel über den Ort jener Theile liess. In der nächsten Umgebung der Papille, wo die Retina durch die Behandlung mit dem Locheisen ein wenig gekräuselt oder abgehoben war, sah man den Sehpurpur durch einen leichten rosigen Schimmer angedeutet; auch bei möglichst schräger Beleuchtung war an den übrigen Theilen der Hohlschaale nichts als die genannte hell violet-braune, gleichmässige, wenig dunkle Farbe des epithelialen und chorioïdalen Pigments zu sehen.

Ich durchschnitt jetzt den Augengrund etwas nach innen von der Papille, senkrecht zum Retinahorizonte, brachte das innere Stück mit der darin haftenden Netzhaut in ein mit schwacher Salzlösung gefülltes schwarzes Glas und löste von dem anderen grösseren Theile die Retina mit feinen Hakenpincetten unter Salzwasser vom Epithel ab, was wider Erwarten leicht gelang,

Digitized by Google

obwohl der rückständige Glaskörper untrennbar mit ihr verbunden blieb. Aus diesem grossen Netzhautstücke wurde der die äussere Papillargrenze und die Macula enthaltende Theil mit einem Scheerenschnitte in Gestalt eines halbmondförmigen Lappens abgeschnitten und auf einer mit Salzlösung getränkten weissen Platte von unglasirtem Thon so ausgebreitet, dass sich der Glaskörper gegen die Unterlage sog, während die hintere Fläche nach oben lag. Diese zeigte, in gedämpftem Tageslichte besehen, die Macula von herrlich citrongelber Farbe, rings diffus begrenzt, ungefähr im Centrum mit der völlig farblosen Fovea versehen, deren Anblick am Besten mit dem eines sehr kleinen, recht durchsichtigen Sagokörnchens zu vergleichen war. Im Umkreise des gelben Fleckes war der Sehpurpur durch einen schwach violetten Schimmer angedeutet. Nachdem sich mehrere Zeugen während der freilich sehr kurzen Belichtung von dem Sachverhalte überzeugt hatten, wurde das Präparat lichtdicht verschlossen und ein weiteres kleines Retinastück am Tageslichte besehen. Dasselbe war von sehr heller Purpur- oder Rosenfarbe und blich an dem jetzt etwas dreister zugelassenen diffusen Tageslichte mit erstaunlicher Geschwindigkeit aus. Dabei war in keinem Stadium Gelb oder Chamois zu sehen, sondern nur Uebergehen durch blasses Lila zur vollkommenen Farblosigkeit.

Dies Alles war das Werk weniger Minuten und geschah mit dem geringsten Zeitverluste, da wir die ganze Beobachtung nach einem, auch für den Fall einzelner (zum Glücke nicht eingetretener) Hindernisse vorher entworfenen Plane durchgeführt hatten.

Die lichtdicht verwahrten Präparate wurden jetzt von der Augenklinik ins physiologische Institut getragen, wo zunächst das die Fovea enthaltende Netzhautstück im Ueberviolet auf Fluorescenz untersucht wurde.

Untadelhafter Sonnenschein begünstigte die folgenden Beobachtungen.

Digitized by Google

Um an dem unersetzlichen Präparate mit möglichster Sicherheit vorzugehen, war der Ort des übervioletten Focus des *Helmholtz*'schen Quarzapparates so vor diffusem Lichte geschützt, dass man daselbst ausser fluorescirenden Substanzen nichts erkennen konnte. Dr. *Ewald*, welcher von der Form und Orientirung des Retinastückes auf der Thonplatte nichts wusste, fertigte nach dem in sehr reinem, durch zweimalige Brechung erhaltenen übervioletten Lichte gewonnenen Anblicke eine Skizze an und vermochte diese nicht nur im Contour richtig herzustellen, sondern auch die Stelle genau zu bezeichnen, wo sich die Fovea neben einem von der Papillengegend in den Rand der Macula ein wenig einspringenden Risse befand. Ich selbst sah ebenfalls das ganze Retinastück schwach grünlichweiss, nach den Rändern hin etwas stärker leuchtend, und eine der Fovea entsprechende dunklere, nicht scharf begrenzte Lücke. Nachdem das Präparat zur Hälfte besonnt worden, war auf dieser Seite das Fluorescenzlicht unzweifelhaft heller geworden und die Grenze zur dunkel gehaltenen Hälfte besonders am Rande des Lappens gut anzugeben. Besonnung der Fovea änderte an deren Verhalten im Ueberviolet nichts.

Nach Erledigung dieses Theiles der Untersuchung bemühte ich mich das Retinastück von der Thonplatte so auf ein Deckglas zu ziehen, dass es sich mit der hinteren Fläche gegen dasselbe legte, was jedoch nicht ausführbar war, ohne Risse und Falten zu erzeugen. Dennoch glaubte ich, nach dem Ansehen mit blossem Auge die Macula tadellos erhalten, da ich die Membran dort glatt ausgebreitet und die Fovea darin sehr kenntlich fand. Mikroskopisch untersucht, zeigte die Stelle indess zu meiner sehr unangenehmen Ueberraschung ein von lebhaft gelben Rändern umgebenes Loch, von schwach elliptischer Gestalt und etwa 0,2 mm. grösstem Durchmesser, in welches von allen Seiten die bekannten schlanken Zapfen radiär hineinragten. Ich habe freilich die Ueberzeugung, dass der Substanzverlust erst beim

Uebertragen der weichen Membran von der Thonplattte, wo sie adhärirte, auf das Deckglas entstanden war, volle Sicherheit darüber vermochte ich nach Lage der Dinge jedoch nicht zu gewinnen. Prof. *Becker* und Dr. *Kuhnt*, welche das der Macula entsprechende Stück des Augengrundes behufs Untersuchung des hinter der Fovea liegenden Epithels zurückbehalten hatten, versichern mich wohl, darin weder unmittelbar nach dem Wegnehmen der Netzhaut Fetzen der letzteren mit der Lupe gesehen, noch an den Pigmentpräparaten später Stäbchen- oder Zapfenreste bemerkt zu haben; da man aber nicht wissen kann, ob solche nicht von der Salzlösung, worin die Präparationen vorgenommen, weggeschwemmt worden, bleiben wiederholte Untersuchungen über das optische Verhalten der frischen Fovea des Menschen wünschenswerth.

Ausser dem überviolетten Lichte war zur Feststellung der Absorption und des Ausbleichens der frischen Präparate noch ein kleines, sehr lichtstarkes und reines objectives Sonnenspectrum vorbereitet, in welches das grössere Stück der Netzhaut sogleich ausgebreitet wurde. Es zeigte sich in Gelbgrün, Grün und Blau ausserordentlich schwache Absorption und als wir das Präparat an sehr schwachem Tageslichte auf der weissen Unterlage besahen, war von dem Sehpurpur überhaupt nur noch wenig zu erkennen. Ich muss dazu bemerken, dass dieses Stück in einer lichtdichten feuchten Kammer, mit dem Glaskörper auf einem Objectträger ruhend, wegen seiner grossen Beweglichkeit von mir selbst nach dem Laboratorium getragen worden, aber trotz seiner anscheinend guten Erhaltung, wenigstens nach dem Umlegen in Salzwasser auf eine weisse Platte, wie die mikroskopische Untersuchung nachträglich zeigte, den grössten Theil der Stäbchen- und Zapfenaussenglieder verloren hatte. Licht hatte sicher nur auf dasselbe wirken können, als ich mich vor dem Transporte durch einen flüchtigen Blick in schwachem Tageslichte von der

Digitized by Google

wohl ausgeprägten, sehr zum Violet neigenden Färbung dieses Stückes überzeugt hatte. Immerhin hatte es jedoch so viel Farbe bewahrt, dass wir uns nach 5 Min. langer Einwirkung des Spectrums von der Wirkung aller Strahlen mit Ausnahme der rothen überzeugen und nachträglich die bekannten Fluorescenzunterschiede zwischen dem grösseren, ganz gebleichten und dem kleineren, dem Roth exponirten und davon nicht veränderten Antheile, wenn auch schwach, erkennen konnten.

Es blieb jetzt noch das nunmehr etwa eine Stunde alte Netzhautstück verfügbar, das wir mit dem inneren Theile des Augengrundes in seiner natürlichen Lage in Salzwasser verwahrt hatten. Dasselbe liess sich mit Ausnahme einer kleinen Stelle, die mit einem bräunlichen Anfluge herauskam, sehr leicht vom Epithel abziehen und erschien bei gerade ausreichendem Tageslichte betrachtet, nicht so violet, wie die ganz frische Retina, mehr rosenfarben. Im Spectrum zeigte es nahezu dieselbe Absorption, wie purpurne Kaninchen- oder Froschretinae, so dass ich früher Berichtetem nur noch hinzuzufügen habe, dass uns das Maximum der Absorption vom Gelbgrün mehr ins Grün gerückt und die Verdunkelung im Violet noch schwächer erschien, als es für den Sehpurpur bisher festgestellt worden. Nach 7 Min. langer Belichtung war die Bleichung im Gelbgrün und im Grün vollendet, im Roth keine Aenderung zu sehen, im Blau, noch mehr im Violet äusserst schwache Lilafärbung zu erkennen. Die Fluorescenzunterschiede der gebleichten und der roth belichteten Strecken waren hier äusserst deutlich, das Leuchten der ersteren im Ueberviolet beträchtlich intensiver und grünlicher: ein Stückchen des roth belichteten Antheiles ins Tageslicht gehalten wurde deutlich chamois und gelblich, ehe es ganz ausblich. Die Netzhautstelle, welcher Pigment anhaftete, mikroskopisch betrachtet, zeigte einen zusammenhängenden Belag von Epithelzellen, deren Grenzen nicht durch helle Rahmen (Kittleisten) bezeichnet, son-

Digitized by Google

dern im Gegentheil durch das bis an die Zellränder reichende dunkle Pigment verwischt erschienen. Im Allgemeinen waren die Epithelzellen arm an Pigment und dessen einzelne Theilchen nur von blassbrauner Färbung.

Die Peripherie der Netzhaut am folgenden Tage aus der in Alaun gehärteten, vorderen Bulbushälfte im Zusammenhange mit der Ora serrata und der Zonula ciliaris hervorgehoben, zeigte den von mir schon früher bemerkten nach vorn gelegenen purpurfreien Saum, an dieser durch den Alaun vielleicht etwas geschrumpften Retina aber schmäler, als ich ihn bisher gesehen, von höchstens 2—3 mm., auf einer Seite breiter, als auf der anderen. Da *Donders*, der diese Asymmetrie zuerst bemerkte (Klin. Monatshft. f. Augenheilk. XV, S. 156), dieselbe hinsichtlich der engeren Begrenzung des Gesichtsfeldes auf der Temporalseite (v. *Gräfe*'s Arch. XXIII, 2., S. 255) für bedeutungsvoll hält, so wurde die Herstellung unseres Präparates von Herrn *Becker* besonders überwacht und, nachdem wir uns an dem Bulbusstücke sorgfältig orientirt hatten, in der That gefunden, dass es die dem äusseren Retinarande entsprechende Seite war, wo der Purpur am wenigsten nach vorn reichte.

Ich habe die vorstehenden Befunde ausführlich mitgetheilt, um den Leser möglichst in Stand zu setzen, sich ein Urtheil darüber zu bilden und sich bei ähnlichen seltenen Gelegenheiten in zweckmässiger Weise auf derartige Beobachtungen einzurichten. Da mir nicht Alles so glückte, wie ich gehofft hatte, kann ich mein Verfahren weder in jeder Hinsicht empfehlen, noch mich über das Resultat anders, als unter einiger Reserve aussprechen.

Was mir vor Allem wissenswerth und nur am lebensfrischen Auge des Menschen zu entscheiden schien, war das Verhalten der Fovea centralis. *Horner*'s Angaben (Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XV, S. 157) über eine daran freilich nur in situ bemerkte kirschrothe, allmählich schwindende Färbung bestimmten haupt-

Digitized by Google

sächlich den Plan der Untersuchung. Ich habe von jener Färbung nichts gesehen, obgleich das Präparat nicht frischer sein konnte, das Auge intra vitam lange im Dunkeln gehalten war und die ungewöhnlich schwache Pigmentirung des Epithels und der Chorioïdes der Wahrnehmung des in den Zapfen der Fovea vermutheten, möglicherweise ohne Licht, im Absterben vergänglichen Farbstoffes ganz besonders günstig hätte sein müssen. Geringeren Werth, als auf dieses negative Resultat, muss ich auf Alles das legen, was an der abgezogenen Fovea gesehen worden, und wenn ich dies ausdrücklich bemerke, wird es hoffentlich zugleich als Anregung aufgefasst, bei ähnlichen Untersuchungen keine Prüfung zu unterlassen, die zur vollen Sicherheit erforderlich ist. Ich bekenne, dass es mir vermuthlich nicht eingefallen wäre, die mir untadelhaft erschienene Macula nach den Fluorescenzversuchen besonders auf etwaige Defecte zu prüfen und dass ich diese überhaupt nur fand, weil es mich anderweitig interessirte, eine frische Fovea vom Menschen mikroskopisch zu betrachten. Was in meinen Kräften stand, dem peinlichen Zustande, mit der besten subjectiven Ueberzeugung zurückhalten zu müssen, ein Ende zu machen, habe ich gethan, indem ich am 17. Mai die Augen eines mir gütigst von der Zoologischen Gesellschaft in Hamburg überlassenen lebenden Cebus Capucinus vornahm, aber ich bin für diese Affenspecies bis heute leider in Zweifel geblieben, ob sie überhaupt eine Macula lutea und Fovea centralis retinae besitzt. Das Thier wurde nach mehrstündigem Dunkelaufenthalte in der Chloroformnarkose geköpft und die Augen gerade so behandelt, wie das menschliche. Ich fand ganz, wie in einem früheren Falle (Bd. I, S. 33) bei Macacus cynomolgus, die Netzhaut so fest mit dem Epithel verbunden, dass ich besser gethan hätte, den Versuch, sie im frischen Zustande zu lockern, abzubrechen und das Material unter Aufgabe meiner nächsten Absichten, erst nach Alaunhärtung zu verwerthen. Die Membran

Digitized by Google

zerriss derart in kleine Fetzen, dass ich eine Macula, wie gesagt, gar nicht zu finden und nur im Allgemeinen die Anwesenheit des Sehpurpurs und dessen von dem menschlichen nicht abweichendes Verhalten im Spectrum, sowie bezüglich der Fluorescenz zu constatiren vermochte. Mit dem zweiten Auge, das ich erst nach einigem Liegen bearbeitete, war nichts Besseres zu erreichen; die Hoffnung, *Horner*'s Vermuthungen am Affenauge prüfen zu können, bleibt darum sehr gering. Da diese Augen unter den nämlichen Vorbedingungen untersucht wurden, wie das des Menschen, so verdient die das Haften der Stäbchen-Zapfenschicht am Epithel betreffende Differenz einige Beachtung.

Unter den Befunden am menschlichen Auge erlaube ich mir noch die über die Farbe der Netzhaut vor und nach der Belichtung hervorzuheben. In dem von der Retina entblössten Augengrunde erschienen die beiden Schichten der Chorioïdes und des Epithels entschieden anders, als während der Bedeckung durch die noch lebenswarme Retina: die zuerst blass chocoladefarbene, also auch Violet zeigende Fläche, bot später ein helles Gelbbraun. Da die frische Retina kaum als trübes Medium anzusehen ist und alle Gründe fehlen, ihr die Fähigkeit zuzutrauen, Gelbbraun zu Violetbraun zu decken, wenn sie selbst farblos ist, so meine ich in der Erscheinung einen Beweis zu finden, dass man in schwach pigmentirten Augen wenigstens Andeutungen des Sehpurpurs in situ zu erkennen vermag.

Nach dem Abheben der Netzhaut fiel am Sehpurpur 1) die stark violette Nuance, 2) das Ausbleichen ohne Umschlagen in Chamois oder Gelb auf; offenbar ist die erstere dem menschlichen Purpur immer eigen, ausgeprägter, als bei vielen Thieren, das letztere Folge der grösseren Lichtempfindlichkeit des Sehgelbs vor Ausbruch cadaveröser Processe, welche Anlass zu dessen Fixirung und Indolenz geben. Der einige Zeit in Salzwasser aufgehobene Netzhautantheil, dessen oben gedacht wurde, diente,

Digitized by Google

wie man ersehen haben wird, zum Gegenversuche, insofern daran selbst nach weisser Belichtung der Vorgang minder flüchtig und der Umschlag des ersten Bleichungsstadiums in das zweite vor der Totalbleiche an dem Auftreten gelber Nuancen bemerkbar wurde. Braune Färbungen des Sehpurpurs, die von mehreren Ophthalmologen (*Donders* u. A.) als dem Menschen eigenthümlich behauptet werden, zeigte unser Präparat nirgends.

Um das Material vollständig auszunutzen wurden sowohl mit gebleichten, wie mit ungebleichten Antheilen der Netzhaut einige Beobachtungen über die von den Herren *v. Bezold* und *Engelhardt* auf Fluorescenz gedeuteten Erscheinungen der Blutfarbe vor der Retina in monochroïtischer Beleuchtung angestellt. Die Prüfung schien mir schon deshalb nothwendig, weil die im Blau und Violet angenommene Fluorescenz des Augengrundes, der Retina zwar zugeschrieben, aber aus Beobachtungen abgeleitet worden, welche ebenso gut die brechenden Medien oder die hinter der Retina befindlichen Gewebe des Auges als das Fluorescirende aufzufassen erlauben würden. Unser Verfahren bestand darin, die genannten Spectralfarben einzeln durch einen am Orte des objectiven Spectrums aufgestellten zweiten Spalt treten zu lassen, die auf unglasirtem Thon ausgebreitete Netzhaut in das reine Licht zu halten und feine mit dünner Blutlösung gefüllte Glasröhrchen davor zu stellen. War die Blutlösung nicht zu verdünnt, so erschien das Röhrchen anfänglich schwarz, nach längerem Hinsehen im Blau gelbbraun, im Violet schmutzig braunröthlich und zwar, im Blau wenigstens, vor der blossen Thonplatte nicht anders, wie vor den Stellen, wo die letztere von dem Retinastücke bedeckt war. Wie mir scheint, beruht die Erscheinung nicht auf Fluorescenz, sondern auf Contrast, denn sie wurde erst deutlich, wie erwähnt, durch längeres Hinsehen, am deutlichsten, wenn man Alles erst mit weissem Papier bedeckte, und nach einigem Fixiren des blauen Feldchens, das Object plötzlich aufdeckte.

Digitized by Google

Die gelbbraune Farbe steht hiermit in bester Uebereinstimmung, denn sie ist das Complementär, welches man an schwarzen Gegenständen auf blauem Grunde wahrnimmt. Wäre Fluorescenz die Ursache ihres Auftretens, so begriffe man nicht, wie sie an Blutröhrchen und Blutgefässen, die in gelbem Lichte schwarz aussehen, überhaupt kenntlich werden sollte und weshalb, wenn das erregte Licht, wie zu vermuthen, gemischter Natur wäre, nicht einfach das Roth des Blutes zum Vorschein kommt. In der That sahen schmale Streifen mattschwarzen Papiers vor die blau belichtete Netzhaut gehalten, ebenso gelbbraun aus, wie das Blut.

Wurde der Versuch im spectralen Grün angestellt, so war der Contrast minder deutlich, oder stellte sich später ein, aber ich finde für mein Auge, welches den Contrast von Grün und Purpur, wie das der meisten Menschen sonst am besten auffasst, dass es unter den Contrastfarben, auf schwarzem Felde den Purpur am schwersten, das Gelb weitaus am leichtesten wahrnimmt. Ueber das Aussehen des Blutfarbstoffs vor der mit reinem Violet beleuchteten Netzhaut vermochte ich keine sichere Ueberzeugung zu gewinnen: es schienen mir die Röhrchen wohl etwas anders, als vor der Thonplatte und ich kann nicht sagen, dass sie die erwartete schmutzig gelbgrüne Complementärfarbe zeigten. Geringe Fluorescenz der Retina in diesem Lichte bin ich darnach nicht in der Lage, geradezu in Abrede zu stellen.

Die eben genannten Beobachtungen stimmen mit zahlreichen Erfahrungen, die ich seit geraumer Zeit mit der Methode der Herren *von Bezold* und *Engelhardt* am pigmentirten Augengrunde und an der isolirten bluthaltigen Netzhaut des Schweines erworben, überein: ich muss den Nachweis der Retinafluorescenz durch blaues Licht bezweifeln und kann mich für das Violet nicht davon überzeugen. Zur Erkennung der bekannten und unzweifelhaften Fluorescenz im Ultraviolet fand ich ausserdem die Blutgefässe oder vorgehaltene Blutlösungen wenig geeignet, und es hat mich dies

Digitized by Google

um so weniger überrascht, weil man in gut gereinigtem Ueberviolet auch die purpurne Eigenfarbe der Netzhaut nicht zu erkennen vermag. Unumgänglich ist bei derartigen Versuchen übrigens vollkommene Abblendung der nicht zur Verwendung kommenden Theile des Spectrums, namentlich der rothen, da jede Fläche, auf die man projicirt, von sämmtlichen Farben genug nach allen Richtungen zerstreut, um benachbarte Pigmente so zu beleuchten, dass auch nicht davon absorbirbare Strahlen auf sie fallen.

Schliesslich habe ich noch des Farbstoffes der Macula lutea zu gedenken, dessen vitale Existenz von Manchen, in missverständlicher Auffassung der Beobachtungen von *Schmidt-Rimpler*, bezweifelt worden. Wir fanden die gelbe Färbung sofort nach dem Abziehen der Retina, also wenige Minuten nach Beendigung der Lebensverhältnisse so ausgeprägt, dass ich an der Præexistenz nicht zweifle und die Auffassung theilen muss, nach welcher die Unsichtbarkeit in situ, bei grösster Durchsichtigkeit und Adhärenz der Netzhaut am Epithel, auf dem Verhalten aller Lackfarben auf dunklem Grunde beruht.

Digitized by Google

Ueber Sehpurpur und Retinaströme.

Aus den „Upsala Läkareförenings Förhandlingar" übersetzt und für diese „Untersuchungen" mitgetheilt

von **Frithiof Holmgren.**

Durch die interessanten Untersuchungen von *Kühne* über die schnelle Bleichung und Regeneration des Sehpurpurs, sowie über die damit gewonnene Möglichkeit die optischen Bilder auf der Retina als Optogramme zu erhalten, wurde natürlich der Gedanke an eine physiologische Bedeutung des Sehpurpurs geweckt und die Frage nahe gelegt, ob und bis zu welchem Grade wesentlich der Sehpurpur beim Sehen betheiligt sei. Welcher Vorstellung man sich in dieser Hinsicht auch zuneigen mochte, so blieb der Gegenstand einer experimentellen Prüfung zu unterziehen.

Es war hierzu vor Allem nöthig über einen zuverlässigen objectiven Ausdruck für die in der Retina stattfindenden und mit dem Sehen in wesentlichem Zusammenhange stehenden materiellen Vorgänge zu verfügen, eine Bedingung, welche wohl nur durch die von mir entdeckten Schwankungen des Retinastromes als erfüllt betrachtet werden konnte. Nach aller Erfahrung, welche *du Bois-Reymond's* glänzende Leistungen an die Hand gegeben, wird ein jeder Reizungsvorgang in den zum Nervensysteme gehörigen und damit im Zusammenhange stehenden Geweben, welche in dieser Beziehung bis jetzt untersucht worden, von einer Stromesschwankung begleitet, welche in der Weise constant und charakteristisch auftritt, dass ihr Vorhandensein umgekehrt als zuverlässiges Zeichen für einen innerhalb des Organes stattfindenden Reizungsvorgang aufgefasst werden kann. Durch den

Nachweis der Retinastromesschwankung wurde demnach eine bis dahin vorhandene Lücke ausgefüllt und das fehlende Zwischenglied gefunden, welches in der Reihe der Vorgänge das objective Licht auf der Retina oder die Aetherschwingungen als hervorrufende Ursache einerseits mit dem subjectiven Lichte oder der Empfindung im Gehirne als die schliessliche Wirkung andrerseits in Verbindung setzt.

Wenn man es also für berechtigt erachten darf, in den Retinaströmen eine mit den zum Sehen gehörigen materiellen Vorgängen im Auge wesentlich zusammenhängende Erscheinung anzunehmen, so dürfte man auch mit Hilfe derselben die Beziehung des Sehpurpurs zu denselben Vorgängen prüfen können. Sollte der Sehpurpur von wesentlicher Bedeutung für das Sehen sein, so dürften dessen Bleichung und Regeneration mit den Schwankungen des Retinastromes parallel gehen, oder aber wenigstens die An- oder Abwesenheit des letzteren mit den ersteren zeitlich zusammenfallen. Könnte dagegen gezeigt werden, dass die Schwankungen des Retinastromes in einem Auge vorkommen, in welchem der Sehpurpur vollständig fehlt oder umgekehrt in einem Auge vermisst werden, welches normalen Sehpurpur besitzt, so dürfte man daraus schliessen können, dass dieser mit jenem und folglich auch mit dem Sehen in keinem wesentlichen Zusammenhange stehe. Auf dieser Ueberlegung fusste mein Versuchsplan.

I. Vom Retinastrome im purpurlosen Auge.

Schon in meinem ersten Aufsatze (1865) über den Retinastrom habe ich hervorgehoben, wie man denselben und seine Schwankungen im Froschauge ziemlich lange beobachten kann, nachdem dasselbe aus dem Kopfe herauspräparirt und aus jeder Verbindung mit dem übrigen Körper gelöst worden ist und ebenso, nachdem es ziemlich lange dem Lichte ausgesetzt worden. Der Sehpurpur verschwindet aber bekanntlich unter den letztgenannten Umständen ziemlich schnell, wenn es auch zugegeben

Digitized by Google

werden muss, dass er sich namentlich im Froschauge ziemlich lange erhält; im Kaninchenauge wenigstens wird er schneller gebleicht. Da im ausgeschnittenen Kaninchenauge indess auch der Retinastrom schnell schwindet, so musste an einem Auge beobachtet werden, welches noch mit dem lebenden Thiere in Verbindung blieb.

Meine Untersuchungen sind theils am Froschauge, theils am Kaninchenauge ausgeführt.

1. Froschauge. Ein Auge wird einem eben getödteten Frosche aus dem Kopfe genommen und der Bulbus wie gewöhnlich von allen anhängenden Muskelresten gesäubert. Das so hergerichtete Auge wird an einem sonnigen Orte mit der Pupille dem Lichte zugekehrt und um den Sehpurpur zu bleichen, in der Weise $^1/_2$ — 1 Stunde liegen gelassen. Wenn es nach Verlauf dieser Zeit auf die *du Bois*'schen zur *Wiedemann*'schen Bussole leitenden Thonelectroden in gewöhnlicher Weise aufgelegt wird, so lassen sich, man mag mit oder ohne Compensation arbeiten, die Schwankungen des Retinastromes beim Einfallen oder Abhalten des Lichtes deutlich beobachten. Die Erscheinungen treten in gewöhnlicher Weise auf, gleichviel ob man das ganze Auge dazu benützt unter Anlegen der einen Electrode auf die Hornhaut, der andern auf den hinteren Bulbusabschnitt, oder ob man von dem im Aequator gespaltenen Auge nur die hintere Hälfte verwendet und die eine Electrode auf die äussere, die andere auf die innere Seite derselben bringt. Hat man sich von der Gegenwart der Stromesschwankung überzeugt, so wird das Präparat zur Zeit, wo dieselben noch mit voller Deutlichkeit auftreten, schnell in 4procentige Alaunlösung geworfen und darin $2^1/_2$ Stunden im Dunkeln aufbewahrt. Wird die Netzhaut nach Verlauf dieser Zeit bei Natronbeleuchtung herauspräparirt, so zeigt sie regelmässig keine Spur von Purpurfarbe. Ich schliesse daher, dass die Stromesschwankung auch im purpurlosen Auge stattfindet.

2. Kaninchenauge. Ein Kaninchen wird mit dem Rücken

Digitized by Google

nach aufwärts gekehrt aufgebunden und der Kopf mittelst eines von mir modificirten *Czermak*'schen Halters, welcher das Operationsfeld in der Umgebung des Auges freilässt, befestigt. Der Versuch wird nach Curarevergiftung unter anhaltender künstlicher Athmung in folgender Weise ausgeführt. Zuerst wird die Lidspalte des einen Auges zugenäht, das Ohr darüber geschlagen und ebenfalls festgenäht. Dieses Auge ist also während des Versuches vor der Einwirkung des Lichtes hinreichend geschützt. Das andere Auge wird in der von mir gewöhnlich befolgten Weise hergerichtet, indem das obere Lid mit der Scheere und ein Theil des oberen Orbitalrandes mit der Knochenzange weggeschnitten werden. Dann wird die nach oben gekehrte Oberfläche des Bulbus von Muskeln und andern Geweben rein präparirt und an dieselbe so weit wie möglich nach hinten, gegen die Eintrittsstelle des N. opticus hin die eine Electrode angelegt, deren Thonspitze bis auf den kleinen sich anschmiegenden Theil mit einer isolirenden Hülle von Kautschuk überzogen ist. Es wird also in derselben Weise, welche ursprünglich von mir angegeben und seither immer von mir befolgt worden, verfahren, um den Retinastrom und dessen Schwankungen am Kaninchen zu demonstriren, und es zeigen sich dabei die gewöhnlichen und normalen Erscheinungen. Der Kopf wird nun schnell abgeschnitten und sofort in ein dunkles Zimmer gebracht, wo die beiden Augen vor dem Lichte einer Natronflamme herausgenommen, im Aequator halbirt und vom Glaskörper möglichst befreit, jedes für sich in 4procentige Alaunlösung gelegt werden. Nach 24stündigem Aufenthalte darin im Dunkeln, werden die Retinae bei Natronlicht herausgegenommen, darauf im Tageslichte untersucht. Jetzt zeigt sich, dass die Netzhaut des während des Versuches verdeckt gebliebenen Auges normal purpurhaltig, die des andern dagegen, auf welchem die Stromesschwankungen beobachtet worden, auf der Aussenseite ganz purpurlos, also gebleicht ist. Dieses Verhalten

Digitized by Google

zeigt, dass die Schwankungen des Retinastromes am purpurlosen Kaninchenauge beobachtet werden können. Da die ganze Versuchsanordnung dieselbe geblieben, wie die, deren ich mich von jeher bediente, seit ich überhaupt die genannten Erscheinungen im Kaninchenauge nachgewiesen habe, so muss es ausserdem für wahrscheinlich gehalten werden, dass alle meine früheren Befunde sich auf purpurlose Augen bezogen.

II. Vom Sehpurpur im stromlosen Auge.

Um seine Optogramme zu erkennen und aufzuheben, hat *Kühne* die Retina in situ in dem halbirten und vom Glaskörper entleerten Auge in Alaunlösung von 4 p. Ct. gehärtet. In dieser Flüssigkeit hält sich der beim Einlegen noch nicht gebleichte Purpur im Dunkeln und wird dann erst in gewöhnlicher Weise, grade so, wie in dem lebenden, soeben herausgenommenen Auge durch die Einwirkung des Lichtes gebleicht.

Wenn man ein in der genannten Weise bei Natronlicht im sonst verdunkelten Zimmer eben herauspräparirtes Auge vom Frosche oder Kaninchen 24 Stunden in der Alaunlösung vor dem Lichte geschützt aufbewahrt und dasselbe darauf zum Stromversuche verwendet, so findet man, wie zu erwarten, daran keine Spur von Stromesschwankung auf Lichtwirkung. Der Sehpurpur ist zwar nach beendetem Versuche verschwunden und die Netzhaut vollkommen gebleicht; dass aber der Purpur zu Anfange des Versuches vorhanden war, kann in verschiedener Weise gezeigt werden. Ich habe mich in den einzelnen Fällen in folgender Weise davon überzeugt.

1. Man präparirt und behandelt gleichzeitig und in derselben Weise die beiden Augen desselben Thieres; zum Stromversuche wendet man nur das eine an und überzeugt sich nachher, dass das andere seinen normalen Purpurgehalt besitzt.

2. Von demselben Auge, das zum Stromversuche dient, löst man vorher in der dunklen Kammer bei Natronlicht ein Stück-

Digitized by Google

chen der Netzhaut ab und überzeugt sich nach dem Versuche, dass dasselbe purpurn ist.

3. Nach dem Versuche und nachdem man die Stromlosigkeit des Präparats constatirt hat, untersucht man die Stelle der Netzhaut, welche von der einen Electrode bedeckt, also vor dem Lichte geschützt war. Dieselbe zeigt dann auf ihrer Aussenseite normale Purpurfarbe.

Fasst man das Hauptergebniss des jetzt Angeführten zusammen, so findet man, dass die Schwankungen des Retinastromes in keiner wesentlichen Beziehung stehen zu den Bleichungs- und Regenerationserscheinungen des Sehpurpurs.

Wir ziehen daraus den Schluss, dass der Sehpurpur eine wesentliche Bedeutung für das Sehen hat.

Die vorerwähnten Versuche waren schon ausgeführt und der Schluss daraus gezogen, ehe es mir durch *Kühne's* Schriften bekannt geworden, dass der Sehpurpur gewissen Thieren fehlt, welchen man das Sehvermögen nicht absprechen kann, und dass derselbe auch im gelben Flecke des Menschen vermisst wird, also auf der Stelle der Netzhaut, welche sich vor allen anderen als die wichtigste und am meisten zum Sehen verwendete auszeichnet. Diese Erfahrungen verleihen nun unserem Satze eine Stütze, welche die Wahrheit desselben unzweifelhaft macht.

Damit könnte meine gegenwärtige Aufgabe für zur Genüge gelöst erachtet werden. Wenn ich dessen ungeachtet noch etwas hinzufüge, so geschieht es, weil es sich um Versuche handelt, die mit dem Gegenstande eng verknüpft und an sich von hinreichendem Interesse sind, um besonders erwähnt zu werden.

III. Vom Sehpurpur und dem Retinastrome bei durchschnittenem Sehnerven.

Im Zusammenhange mit älteren Untersuchungen über den Bewegungsmechanismus der Iris im herausgenommenen Froschauge, welche später von *Edgren* fortgesetzt worden, durchschnitt

Digitized by Google

ich bei einigen Kaninchen den Sehnerven innerhalb der Schädelhöhle nach einer von mir erfundenen und beschriebenen Methode. Das Resultat fiel damals insofern negativ aus, als die Pupille nach dem Schnitte dauernd erweitert und unveränderlich blieb. Ich liess die Thiere um so lieber am Leben, als sie sich nach der Operation gesund und munter zeigten und sich den Functionen der Ernährung und Fortpflanzung normal hingaben; ich bewahrte sie auf, um die Folgen des Schnittes nach längerer Zeit zu beobachten. Unter Anderem wollte ich auch wissen, wie es sich mit dem Sehpurpur und mit der Schwankung des Retinastromes in einem solchen Auge verhalte.

Ich hatte mir vorgestellt, dass dasselbe ein besonders geeignetes Präparat zur Entscheidung der Beziehungen des Retinastromes zum Sehpurpur liefern werde. Diese Voraussetzung hat sich als fehlerhaft erwiesen, denn ein solches Auge giebt über jene Frage gar keinen Aufschluss: es verhält sich, insoweit dies meine Untersuchungsmethoden zu ermitteln gestatten, ganz wie ein normales, der Sehpurpur und der Retinastrom verhalten sich nach Trennung des Sehnerven ganz, wie vorher.

Diese Erfahrung, welche ich habe mittheilen wollen, stützt sich auf Versuche an blinden Kaninchen, welche die Opticusdurchschneidung länger als 2 Jahre überlebt hatten. Solche Thiere sind an ihrer, wie schon erwähnt, unbeweglichen und erweiterten Pupille und bei näherer Betrachtung an einer Unebenheit des Schädels am Orte, wo die später ausgefüllte Oeffnung im Knochen gemacht war, am besten wieder zu erkennen. Dieselben bieten übrigens ein vollkommen normales, namentlich am Auge sonst nicht abweichendes Aussehen dar. Bei einigem Nachdenken ist dies auch nicht besonders erstaunlich, denn das Auge dürfte wohl im Wesentlichen im Besitze seiner gewöhnlichen Ernährung bleiben, da die kleinen bei der Operation verletzten Gefässe aller Wahrscheinlichkeit nach einen höchst geringen

Digitized by Google

Einfluss auf die Ernährung der Kaninchennetzhaut ausüben werden. Die Opticusfasern hinter dem Schnitte nach dem Gehirne zu fand ich degenerirt; wie es sich mit den vor dem Schnitte nach dem Auge hin gelegenen verhalte, habe ich noch nicht untersucht; dieselben dürften im normalen Zustande erhalten bleiben, ebenso die Retina selbst, weil dieses Organ ja weder seiner normalen Ernährung noch seinem gewöhnlichen Reize entzogen worden. Wie weit der Reizungsvorgang in centraler Richtung fortgeleitet wird, dürfte für das Wohlbefinden des Organs gleichgültig sein.

Meine Versuche am operirten Auge sind bezüglich des Retinastromes von besonderem Interesse. Man hat hier nämlich ein Präparat zur Verfügung mit einer Iris, welche gegen Licht vollständig und sicher in Ruhe bleibt. Der störende Einfluss, welchen die Muskeln dieses Organs auf die Schwankungen des Retinastromes ausüben, ist somit beseitigt. Dessen ungeachtet zeigten sich auch jetzt und zwar regelmässig jene auf die ersten kurzen, in negativer Richtung gehenden Ausschläge zunächst langsamer folgenden positiven oder negativen Ausschläge, welche ich früher als hauptsächlich von den Irismuskeln herrührend angegeben habe. Diese nachfolgenden langsamen Bewegungen des Bussolenmagneten müssen also in Bezug auf ihre Ursache weiter studirt werden. Zu derartigen Untersuchungen haben wir hier jedenfalls ein passendes Präparat gefunden.

Ich erinnere noch an die Aehnlichkeit, welche die Wirkung des Lichtes auf eine Retinastelle hat, mit der Einwirkung des constanten Stromes auf eine Strecke eines gewöhnlichen Nerven: im ersten Augenblicke nach Schluss oder Oeffnung des Stromes constant eine kurze Schwankung des Nervenstromes in negativer Richtung und nachher eine weitere, langsamer auftretende Aenderung des Stromes.

Christineburg in Schweden, den 1. August 1878.

ed by Google

Fortgesetzte Untersuchungen über die Retina und die Pigmente des Auges.

Von **W. Kühne.**

(Hierzu Tafel VII. u. VIII.)

I. Zum Verhalten der Netzhaut des Menschen.

Die Augen eines 41jährigen Phthisikers boten mir Gelegenheit zu einer Beobachtung über anscheinend geringe Lichtempfindlichkeit des menschlichen Sehpurpurs intra vitam. Der Patient war am 1. Juli Morgens 10 Uhr ziemlich plötzlich an acutem Lungenödem gestorben, nachdem er die Zeit der etwa 2stündigen Agonie in einem grossen Schlafsaale, der durch 2 Fenster Licht empfing, meist mit offenen Augen zugebracht hatte. Der im Allgemeinen etwas düstere Raum war an dem genannten Tage wegen des sehr klaren Wetters freundlicher, als gewöhnlich; doch war das Licht nur von der Seite zu dem Sterbenden gedrungen. Die Augen waren in derselben Beleuchtung ohne besondere Vorsicht herausgenommen, dann aber sofort in einem dunklen Eiskasten verpackt und versendet; ich untersuchte sie Abends 6 Uhr.

Zum ersten Male sah ich hier nach Eröffnung im Aequator den Glaskörper vollständig ausschlüpfen und den Augengrund fast trocken, mit wenig spiegelnder Oberfläche zurückbleiben. Nach dem Ausbohren der Papille löste sich die Netzhaut mit grösster Leichtigkeit, ohne einzureissen, vom Epithel ab, so dass ich sie in dünner Salzlösung mit einer Porzellanplatte auffangen

Digitized by Google

und kaum gefaltet darüber ausbreiten konnte. An's Tageslicht gebracht, sah sie hellrosenroth aus, wie immer weniger gefärbt im Umkreise der Macula, deutlicher gegen den Aequator hin, wo die Farbe auch in Folge einigen Epithelpigments, das an mikroskopisch besehenen Stückchen innerhalb der Stäbchen-Zapfenschicht zu erkennen war, etwas in's Braune ging; Epithelzellen waren dort nicht zu sehen. Die Macula war durch intensiv citrongelbe Färbung ausgezeichnet, die Fovea als kleine farblose Delle sehr deutlich zu erkennen, wie sie es heute in dem angetrockneten Präparate noch ist, wo man auch an dem wachsartigen Aussehen der Stelle und bei mikroskopischer Betrachtung in auffallendem Lichte die Ueberzeugung gewinnt, dass daselbst kein Substanzverlust stattgefunden hat. Ich habe mich ausserdem durch Abschaben des der Macula entsprechenden Ortes am Augengrunde, gleich nach dem Abziehen der Netzhaut vergewissert, dass an demselben keine Zapfen und Stäbchen hängen geblieben waren. Der Purpur des Präparates blich alsbald am Lichte aus, doch dauerte die Zerstörung des Sehgelb ziemlich lange.

Hätte man mir diese Retina mit der Frage vorgelegt, ob sie vor dem Tode belichtet worden, so hätte ich nach meinen bisherigen Erfahrungen über das menschliche Auge, noch mehr nach Dem, was mir aus Versuchen am Kaninchenauge geläufig geworden, gesagt, sehr schwache Belichtung scheine das Auge getroffen zu haben, aber ich wäre nicht darauf gekommen, den nach der erhaltenen Beschreibung wirklich stattgefundenen Grad der Beleuchtung zu errathen, denn die Stäbchenfarbe war kaum blasser, als die einer Dunkelretina vom Menschen: sie war nur mehr rosa und weniger violet, als jene.

Es liegt an der beschwerlichen Zugänglichkeit des Materials, dass wir bis heute so geringe Kenntniss von der Intensität und Dauer des Lichtes haben, deren das menschliche Auge bis zum Schwinden des Purpurs bedarf. Soweit die ophthalmologische

Digitized by Google

Literatur darüber Aufschluss gibt, scheint es, dass uns in dieser Hinsicht noch starke Ueberraschungen bevorstehen, denn ich finde, um nur die Extreme zu nennen, einerseits die bekannte Angabe von *Michel*, nach welcher der Sehpurpur einem Dunkelauge gänzlich fehlte, andrerseits die noch weniger zu reimende Beobachtung von *H. Adler* (Centralbl. f. d. Med. W. 1877, S. 244) über eine aus einer Wunde im Auge vorgefallene Netzhaut, deren Purpur durch intensivstes Licht nur sehr langsam, ja nach $^3/_4$stündiger Besonnung nicht einmal vollständig gebleicht worden. Da die Kaninchennetzhaut sich von der menschlichen durch den Mangel an Gefässen unterscheidet, insofern sie solche nur in der Gegend der markhaltigen Opticusfasern besitzt, habe ich es nicht unterlassen einige optographische Versuche am lebenden Hunde vorzunehmen, dessen Netzhaut hinsichtlich der Blutversorgung der menschlichen ähnlicher ist. Dieselben haben mich indess überzeugt, dass der Purpur dem des Kaninchens an Lichtempfindlichkeit intra vitam nicht nachstehe, da die Zeit von 3 Minuten am atropinisirten Hundeauge genügte, um das Optogramm durch Ueberexposition noch gründlicher zu verwischen, als es beim Kaninchen unter demselben ziemlich intensiven Lichte geschehen war. Im Falle der Retinapurpur des Menschen sich wirklich lichtbeständiger erwiese, müssten wir unsere Regeneration der dem Auge der Thiere zukommenden für überlegen halten, denn die isolirte menschliche Netzhaut kann nach keiner zuverlässigen Beobachtung für minder lichtempfindlich, als die der Säuger gelten.

Nachdem ich an der hier beschriebenen Netzhaut wiederum die bisher ohne Ausnahme beim Menschen bemerkte Vertheilung der Purpurfärbung gesehen, welche in einer allmählichen Zunahme der Intensität von der Fovea nach dem Aequator besteht, kann ich nicht umhin, meine anfängliche Vermuthung, dass dies von irgend welchen örtlich verschieden verlaufenden Störungen

Digitized by Google

der Regeneration während der Agone herrühre, aufzugeben, um dafür die viel einfachere und einleuchtendere Erklärung zu geben, welche aus der bekannten Vertheilung der Stäbchen und Zapfen unmittelbar hervorgeht. Je ärmer an Stäbchen und je reicher an Zapfen eine Netzhautstelle ist, desto weniger purpurfarben wird sie, weil nur die ersteren Sehpurpur enthalten, sein, und da die Zahl der purpurlosen Zapfen von der Fovea nach dem Aequator beim Menschen continuirlich abnimmt, während dafür Stäbchen auftreten, muss die Netzhaut offenbar vom Aequator nach rückwärts alle Uebergänge von der intensivsten Farbe bis zur Farblosigkeit der gänzlich stäbchenfreien, nur Zapfen führenden Fovea darbieten.

Wie schon erwähnt, entschlüpfte der Glaskörper der hinteren Augenhälfte sehr vollkommen. Dasselbe ereignete sich bei dem zweiten Auge, so dass die Netzhaut auch hier schon am Natronlichte ungewöhnlich gut in situ zu betrachten war. Ich opferte daher einige weitere auf den Purpur bezügliche Beobachtungen und brachte den entleerten Augengrund an's Tageslicht. Hier wurde mir die Freude, *Horner*'s Mittheilungen (vergl. ds. Hft. S. 75) über die Erkennbarkeit der Fovea centralis an ihrem natürlichen Orte sogleich zu bestätigen. Das Grübchen war mit ausserordentlicher Deutlichkeit als sehr kleines dunkelbraunes Pünktchen von etwa 0,2 mm. Durchmesser zu erkennen, und dass dieses nur die Fovea sein konnte, war, abgesehen von der Lage zur Papille in der von den Netzhautgefässen gelassenen Lücke, mit der Lupe schon innerhalb der Salzlösung, noch besser nach dem Ausgiessen der letzteren festzustellen, indem man die Vertiefung mit wallartiger Umgebung zweifellos erkannte. Der ganze übrige Grund des recht blonden, mit graugrüner fleckiger Iris versehenen Auges erschien chamoisbraun mit bemerkbarer Beimischung von Violet. An das Licht der Abendsonne in's

Digitized by Google

Freie gebracht, ging die Farbe in reineres dem Zimmt ähnliches Braun über, wie ich denke, weil der Sehpurpur über dem mehr gelbbraunen Grunde ausblich. Dabei erfuhr das Aussehen der Fovea so wenig eine Veränderung, wie später durch gründliches Belichten mit einer Magnesiumflamme; als ich aber die Netzhaut des in's Salzwasser zurückgebrachten Auges abhob, verschwand das dunkle Pünktchen in dem Augenblicke, da sich die Gegend der Macula vom Epithel trennte und es trat an seiner Stelle die kleine farblose Delle in der jetzt erst zum Vorschein kommenden intensiv gelben Umgebung auf. Es gelang mir dieses Präparat ebenfalls ohne Schädigung der Fovea auf Porzellan anzutrocknen.

Ob meine Beobachtung *Horner*'s Angaben ganz entspricht, ist gegenwärtig nicht zu entscheiden: ich kann zunächst die Farbe der Fovea in situ nicht „kirschroth" nennen, würde aber begreifen, wenn Jemand für das von mir gesehene Object den Ausdruck wählte, obschon ich glaube, dass ein Zeuge (dessen ich leider entbehrte), wenn er denselben gebraucht, ihn gegen Zweifel nicht aufrecht erhalten hätte. Die ganze Erscheinung stimmte durchaus mit den Abbildungen, welche mehrere Ophthalmologen von dem zuweilen am Orte der Fovea mit dem Augenspiegel gesehenen dunklen Fleckchen des Augenhintergrundes geben; da dieselben an einem erst 8 Stunden in Eis conservirten, dann etwa eine Stunde bei hoher Sommertemperatur untersuchten Auge bemerkbar geblieben und das Licht keinen Einfluss darauf hatte, so kann ich der Fovea keinen im Absterben oder durch Licht vergänglichen eigenen Farbstoff, den *Horner*'s Mittheilungen vermuthen liessen, zuschreiben, sondern muss, weil das Grübchen nur im Augenblicke des Abhebens von der braunen Unterlage farblos wurde, die Annahme machen, dass die Fovea nur in Folge ihres Baues gegen das Epithel und die Chorioïdea gesehen dunkel erscheint. Dass sie so nicht immer gesehen und von mir, trotz

Digitized by Google

der Bekanntschaft mit *Horner's* Angaben, jetzt zum ersten Male so gesehen worden, erklärt sich, denn die Erscheinung ist vermuthlich nur an Augen zu bemerken, deren Netzhaut faltenlos am Epithel liegt und an der Fovea nicht abgehoben ist, wie es in der Leiche ohne unser Zuthun meist geschieht, und vielleicht nur an solchen Augen auffällig, deren Glaskörper vollkommen abschlüpft. Das Letztere begegnete mir, wie erwähnt, jetzt am menschlichen Auge zum ersten Male; ausserdem habe ich seit den Veröffentlichungen *Horner's* nur das in der Mittheilung S. 69 dieser Untersuchungen erwähnte, von Lebenden enucleïrte Auge auf die Sichtbarkeit der Fovea in situ geprüft, das wegen der weiteren damit in Aussicht genommenen Versuche nur sehr kurz betrachtet werden durfte. Jetzt, da ich die von *Horner* angeführte Erscheinung aus eigener Erfahrung einmal gesehen zu haben und zu kennen glaube, meine ich, dass sie mir auch früher nicht entgangen wäre, wenn der Glaskörper nicht das Hinderniss für die Betrachtung gebildet hätte. Eine gelegentliche Mittheilung Herrn *Horner's*, wie die von ihm untersuchten Augen sich in letzterer Beziehung verhielten, würde mit Dank aufgenommen.

Wenn die Fovea centralis eine selbstständige Eigenfarbe, wie wir nun wissen, nicht besitzt, vielmehr in den natürlichen Verhältnissen farblos durchsichtig ist und dennoch dunkler gesehen wird, als ihre Umgebung, so liegt anscheinend nichts näher, als die sehr einfache Annahme, dass man durch ihre Zapfen hindurch nur den pigmentirten Hintergrund sehe und diesen dort besonders deutlich und am tiefsten gefärbt, weil die Retina davor am dünnsten und durchsichtigsten ist. Unter gewissen Umständen mag die Erscheinung wirklich so zu Stande kommen, ich meine aber davor warnen zu sollen, es für alle Fälle vorauszusetzen, weil es dann unbegreiflich würde, weshalb die geübtesten Beobachter mit dem Augenspiegel unter Verhältnissen, wo keins

Digitized by Google

der Hindernisse, das im geöffneten Auge den Anblick erschweren kann, vorhanden ist, die Fovea so oft nicht zu erkennen vermögen, oder sie wenigstens nicht als dunkles Pünktchen, sondern höchstens an den bekannten Randreflexen bemerken.

Es ist mir aufgefallen, dass die Fovea im eröffneten Auge viel dunkler aussah, als der von der Netzhaut entblösste Epithel-Chorioïdalgrund, der nur helle Zimmtfarbe besass. Da ich der betreffenden Retinastücke noch für andere bald zu erwähnende Beobachtungen bedurfte, habe ich den nahe liegenden Versuch, das Gelb der Macula durch Zurücklegen der Netzhaut gegen das dunkle Epithel verschwinden zu lassen, was vermuthlich gelingen dürfte, und die Färbung der Fovea wiederkehren zu sehen, nicht angestellt, aber ich habe mich überzeugt, dass der Augengrund unter der Fovea in d i e s e m Falle sicher keinen stärker pigmentirten Fleck hatte. Wie durchsichtig die Retina im Leben und an frischen Augen sein mag, so stellt sie doch einen nicht völlig glasartigen Ueberzug, immer einen dünnen, weisslichen oder weisspurpurnen Schleier des Augengrundes vor, worin die Fovea mit ihren ausschliesslich in Betracht kommenden Zapfen, bei dem fast vollkommenen Mangel aller vorderen Schichten die durchsichtigste Stelle ist. Es handelt sich bei ihrer Sichtbarkeit in situ auch augenscheinlich nur um den eigentlichen Grund der Grube, denn das dunkle Pünktchen ist erheblich kleiner, als die nicht gelbe Stelle, welche man nach dem Abheben und auf weisser Unterlage für die Fovea nimmt. Da die wallartig erhabene Umgebung der Macula lutea ferner (wie schon *Nobili* wusste) der dickste Theil der Netzhaut ist, was man an aufgetrockneten Präparaten sogar noch deutlich erkennt, so kann der dunkle Grund hinter der Fovea nicht nur auf grossem helleren Felde, sondern auch im Mittelpunkte einer besonders opaken d. h. weisslicheren Stelle durchscheinen: er könnte also durch Contrast unvergleichlich dunkler gesehen werden, als die ganze Fläche im entblössten

Digitized by Google

Zustande nach dem Abziehen der Retina aussieht. Es sind hier indess noch manche Umstände zu beachten, welche der fraglichen, in jeder Beziehung wichtigen Netzhautstelle das besondere Aussehen ertheilen können, so viele, dass man sich nicht wundern dürfte, wenn man dieselbe gelegentlich statt braun, roth und selbst in einem albinotischen Auge sichtbar fände.

Es sei mir gestattet auf einige hierher gehörige Erfahrungen über den Durchgang des Lichtes durch Stäbchen und Zapfen, welche ich früher nur kurz und bei Erörterung anderer Fragen berührte, zurückzukommen. Taf. 7 und 8 sollen Das, was Bd. I, S. 235 darüber bereits angedeutet worden, bildlich belegen. Fig. 1 und 2, Taf. 7 zeigen vollkommen glatt gegen hohl liegende Deckgläser geklebte frische Netzhäute vom Frosch und vom Salamander, in *A* von hinten, in *B* von vorn gesehen. (Einige hier zu übergehende, in anderer Hinsicht Interesse bietende Einzelheiten der Abbildungen sind in der Erklärung der Tafel am Schlusse der Abhandlung nachzusehen.) In den Ansichten (*A A*) von vorn bemerkt man die aus den optischen Querschnitten der Innenglieder von Stäbchen und Zapfen gebildete Mosaïk, worin die letzteren tief grau, lichtlos erscheinen. Dass diese Stücke, abgesehen von zufällig schief liegenden Stäbchen, die auch grau aussehen, den Zapfen angehören, erhellt aus ihren, bei diesen Thieren im Vergleiche zu den Stäbchen bekanntlich kleineren Querschnitten der Innenglieder und aus den besonders beim Salamander häufigen und auffälligeren Doppelzapfen, die man in Fig. 2, *B* an mehreren Stellen deutlich herauserkennt. Es wird ausserdem belegt durch das oft zu findende Bild der gleichen Mosaïk, welche beim Anblicke von hinten an solchen Froschnetzhäuten zum Vorschein kommt, die Pseudooptogramme besitzen, d. h. Stellen, an welchen die farbigen Stäbchenaussenglieder mit dem Epithel abgerissen und nur die Zapfen stehen geblieben sind. Da hindert nichts die Mosaïk der

Digitized by Google

Stäbcheninnenglieder von rückwärts und die dazwischen befindlichen kleineren Setzstücke als die etwas tiefer gelegenen Innenglieder der noch vorhandenen Zapfenaussenglieder zu erkennen; doch sind in dieser Mosaïk alle Stücke hell. In welcher Weise das Licht von unten auf ein solches Präparat nach dem Umdrehen desselben durch den Tisch des Mikroskops fallen möge, so sieht man von oben alle Zapfen dunkel und es ist nur ein äusserst kleines helleres, übrigens immer noch sehr lichtschwaches Pünktchen (auf das die Zeichnung verzichten musste) etwa im Centrum eines solchen Zapfenfeldes zu bemerken, das dem Lichte entspricht, welches gerade durch die Spitze des Zapfenaussengliedes nach vorn gelangt. Braunes Epithelpigment ist an dem Bilde, das von gänzlich pigmentfreien Netzhäuten jeder Zeit sicher zu erhalten ist, vollkommen unbetheiligt. Da man die abwechselnd hellen und dunklen Felder hier auch in Abwesenheit der Stäbchenaussenglieder erblickt, während davon trotz vollkommener Erhaltung der eckigen Figuren nichts mehr zu sehen ist, wo man die Aussenglieder der Zapfen sammt denen der Stäbchen abgepinselt hat, so können die dunklen Felder nur auf dem optischen Verhalten der ersteren beruhen. Bekanntlich sind diese zwar nicht so stark lichtbrechend, wie die entsprechenden Theile der Stäbchen, aber von conischer Gestalt und hinreichend stärker lichtbrechend, als die sie in dem Präparate umgebende Flüssigkeit, um das Licht, das von rückwärts auf die Kegelflächen fällt, zu reflectiren und demselben den Durchgang zu wehren.

Wie mir scheint verdient dieses Verhalten in den Erörterungen über das Aussehen der Retina in situ, sei es am eröffneten Auge oder im Leben bei Betrachtung mit dem Augenspiegel, Beachtung. Wir können nicht zweifeln, dass man von vorn durch die Stäbchen hindurchblicken oder Licht wahrnehmen kann, das hinter ihnen reflectirt worden, am Epithel,

an der Chorioïdea und deren Gefässen, endlich an der Sklera. Stark pigmentirte Augen, wie die des Frosches, zeigen darum ophthalmoskopisch keine rothe Leuchtfarbe, sondern erscheinen schiefergrau, wie es von ungewöhnlich pigmentreichen aber normalen menschlichen Augen auch beschrieben wird. Ob das Gleiche für die Zapfen gilt, ist dagegen sehr fraglich und bedarf eingehender Untersuchungen mit besonderer Berücksichtigung des Verhaltens der menschlichen Zapfen zum Lichte, überdies unter Beachtung der grossen Unterschiede, welche die Zapfen der Fovea darbieten. Es wird zunächst zu untersuchen sein, welche Differenzen der Lichtbrechung zwischen der Substanz der Zapfenaussenglieder und dem Protoplasma der Epithelzellen herrschen, um zu erfahren, ob jene Kegel in der Weise als Lichtfänger aufzufassen seien, dass sie das einmal von vorn eingetretene Licht nicht wieder zurückkehren lassen, wie es an isolirten Froschnetzhäuten nicht zu bezweifeln ist. Trifft dies für die Netzhaut des Menschen im Leben zu, so müssen die Zapfen und zapfenreiche Netzhautstellen dunkel und die letzteren dunkler aussehen, als zapfenarme, gleichviel ob Pigment dahinter liegt oder nicht. In den vortrefflichen Abbildungen des ophthalmoskopischen Handatlas von *E. v. Jæger* finde ich auf Taf. IV., Fig. 28 in der That die Gegend der Macula eines albinotischen Auges durch einen dunkleren Schatten bezeichnet. *v. Jæger* bezieht denselben zwar auf Spuren von Pigment, aber ich finde in dem erläuternden Texte (l. c. S. 37), wo es heisst: „an dieser Stelle treten die einzelnen Pigmentpunkte deutlicher hervor, sind im Umkreise der Macula lutea weit von einander, im Bereiche des gelben Fleckens selbst aber dichter gestellt, und ertheilen hierdurch diesen Stellen eine schwach-gelbröthliche Färbung", eine Beschreibung, welche der Vertheilung der Zapfen so genau entspricht, wie man es nur wünschen kann und keine weiteren Angaben, welche dem untersuchten Auge Pigment zuzuschreiben nöthigten.

Digitized by Google

Es braucht kaum gesagt zu werden, dass die Coni unter allen Umständen vorzüglich geeignet sind, das auffallende Licht nach hinten zu lenken, denn was an der Innenfläche des Kegelmantels reflectirt wird, muss im Sinne der von *Brücke* für die Stäbchen aufgestellten Lehre über den Gang solcher Strahlen, welche nicht parallel zur Axe einfallen, hier durch die Spitze des Kegels zum Epithel gelangen. Schreiben wir dagegen den Zapfenaussengliedern gleiche Lichtbrechung mit dem Epithelprotoplasma oder mit anderen Substanzen, welche sie im Leben umgeben können, zu, so fällt ihre Bedeutung als Lichtfänger allerdings fort, aber es wird ihnen nichts gegeben, was den Uebergang des in sie gelangten Lichtes zum Epithel erschwerte und nichts geändert bezüglich ihres Aussehens, das neben den Stäbchen, wenigstens in pigmentirten Augen, immer noch dunkel sein müsste, da ihre Enden stets gegen Pigment gerichtet oder davon bedeckt sind, und niemals nach Art der längeren Stäbchen bis in den pigmentfreien Hut der Epithelzellen hinaufragen. Für die Zapfen des Menschen käme hier möglicher Weise noch der von *M. Schultze* entdeckte Faserkorb an der Kuppel des Innengliedes in Betracht, den ich an frischen Präparaten immer schon kenntlich fand; derselbe macht indess nicht den Eindruck eines die Rückkehr einfallenden Lichtes besonders fördernden Gebildes.

Wesentlich anders, als die Zapfen im Allgemeinen verhalten sich bekanntlich die der Fovea centralis: das längere schlanke Aussenglied erscheint nach den vorliegenden Beschreibungen, denen ich nach Beobachtungen frischer Objecte zustimme, zwar grösstentheils cylindrisch, am äusseren Ende jedoch eine Strecke weit deutlich verjüngt und schliesslich stumpf zugespitzt, also immerhin conisch. Leider ist über den Einsatz dieser Enden in die zugehörigen Pigmentzellen nichts bekannt und nur zu vermuthen, dass sie nach Art von Stäbchen in die Epithelzellen hinaufragen, weiter, als es die gewöhnlichen Zapfen vermögen, über

Digitized by Google

welchen die zwischengelagerten Stäbchen die Pigmentzelle ungefähr wie einen Baldachin tragen.

Erwägt man nun die Inconstanz der ophthalmoskopischen Sichtbarkeit der Fovea und, was ich für möglich halte, dass das *Horner*'sche Phänomen am eröffneten Bulbus vielleicht auch unter den vorerwähnten günstigsten Bedingungen nicht immer vorhanden ist, dass ferner noch ein die Farbe und die Vergänglichkeit des Pünktchens betreffender Widerspruch zwischen *Horner*'s und meinen Angaben besteht, so kann man kaum umhin wechselnde Zustände in der Retina im Allgemeinen und am Orte ihres centralen Grübchens anzunehmen. Es ist denkbar, dass *Horner* Blut der Chorioïdea durch die Grube schimmern sah, das sich verschob, als das kirschrothe Fleckchen schwand, und dass ich dieses nicht, aber Epithelpigment gesehen, welches sich nicht von der Stelle bewegte. Dass die Gestalt der hier in Frage kommenden Zapfen, die überdies so viel weniger ausgeprägt conisch ist, genüge, um die Stelle dunkler als die nächste mindestens ungemein zapfenreiche Umgebung hervortreten zu lassen, glaube ich deshalb nicht annehmen zu dürfen, weil die Erscheinung dann wenigstens im Augenspiegelbilde constant sein müsste und weil ein so scharfer Beobachter, wie *v. Jæger* im albinotischen Auge nichts davon bemerkte.

Zum Verständnisse dieser, wie gewiss vieler anderer mit dem Augenspiegel zu beobachtenden Einzelheiten des Netzhautchagrins scheint mir vor Allem das Verhalten des Pigmentbreies in den Epithelzellen berücksichtigenswerth, dessen Bewegungen ausserordentlich verwickelt und zum Theil so beschaffen sind, dass die Reflexion des in's Auge gelangenden Lichtes in oder hinter der Retina wesentlich davon betroffen wird.

Einen ersten Einblick in dieses Gebiet gewährt die Untersuchung frischer vom Epithel bedeckter Netzhäute des Frosches, wie man dieselben nach Belichtung ohne Umstände, aus Dunkel-

Digitized by Google

augen mehr gelegentlich erhält. Die Präparate zeigen in der Regel einen nicht ganz central gelegenen, oft halbmondförmigen, dunkelgrauen Fleck, $^1/_3$—$^2/_3$ der hinteren Bulbushälfte einnehmend, der sich vorzüglich und besser zur mikroskopischen Betrachtung eignet, als die übrigen zu stark pigmentirten Antheile der Membran. Fig. 1, 1 *A*, 1 *B* stellen das Bild dreier Einstellungen einer belichteten und gebleichten, Fig. 2 einer roth belichteten, ungebleichten Netzhaut von der Epithelfläche betrachtet dar. An den beiden letzteren, der tiefsten Einstellung entprechenden Figuren sieht man zwar alle Stäbchen durchschimmern, in Fig. 2 selbst mit solcher Deutlichkeit, dass sich das Verhältniss der grünen zu den purpurnen nach Zahl und Lage genau bestimmen lässt, aber man bemerkt doch eine nicht unbeträchtliche Anzahl, deren Kuppen ganz oder theilweise vom schwarzen Pigmente bedeckt sind, sehr im Gegensatze zu dem Bilde, welches die Netzhäute von Dunkelfröschen darzubieten pflegen, wo die Kuppen fast sämmtlich pigmentfrei sind. Wird nun eine belichtete Retina mit der vorderen Fläche gegen das Deckglas gebracht, während das Licht von rückwärts durch das Epithel scheint, so erhält man das Bild von Fig. 3, nämlich die vorhin beschriebene Mosaïk der Innenglieder, worin die den Zapfen zukommenden kleineren Felder selbstverständlich ohne Ausnahme dunkel sind, aber ausserdem auch manche grössere den Stäbchen entsprechende Stücke tief schwarz, dunkelgrau oder hellgrau erscheinen, was nur aus der Umhüllung ihrer Kuppen mit Pigment erklärlich wird. Man braucht zur Gewinnung dieses Bildes und überhaupt zum Betrachten der Netzhaut von vorn sehr feine Deckgläser und Systeme mit weitem Focalabstande, da es sich darum handelt auf tief gelegene Theile der ziemlich dicken Membran einzustellen, eine Unbequemlichkeit, die sich noch vergrössert durch die Nöthigung ziemlich starker Vergrösserungen, welche die Feinheit der Mosaik erfordert. Ich habe

Digitized by Google

es darum sehr schwierig gefunden, das Bild mit dem Prisma treu zu copiren und mich mit der Fig. 3 begnügen müssen. Wer das Object selbst zur Hand nimmt, wird ausser diesem Muster noch zahlreichen anderen, häufig überraschend regelmässigen Anordnungen der schwarzen, grauen und hellen Felder begegnen. Obschon ich nicht zweifle, dass die Bedeckung der Stäbchenkuppen mit Pigment und das Wandern jener Körnchen in der entsprechenden Region des epithelialen Zellenleibes in derselben Weise regelmässig unter bestimmten Einflüssen vor sich gehen, wie dies von dem zwischen den Stäbchen auf- und absteigenden Pigmentnadeln nachgewiesen (vergl. Bd. I., S. 411—422) ist, so bin ich doch nicht in der Lage darüber weitere Angaben zu machen, als dass im Allgemeinen die Belichtung das Zudecken der Kuppen, Dunkelheit die Entblössung fördert. Im letzteren Falle scheint das die Stäbchenenden verlassende Pigment sich vorzugsweise an den Wänden des Hutes der Epithelzelzellen emporzuziehen. Da Belichtung besonders mit rothen Strahlen das Pigment in bedeutender Menge nach vorwärts zwischen die Stäbchen bis an die M. limitans ext. treibt, so dass der Zellenhut sich förmlich entleert, ist es nur um so auffälliger, dass ein Theil zur Bedeckung der Stäbchenenden dort zurückgehalten wird. Meine Versuche dem Studium dieser Vorgänge grössere Sicherheit durch die optographische Methode zu geben, sind bisher gescheitert, denn es ist mir weder beim Frosche noch bei dunkelhaarigen Kaninchen gelungen, Melanoptogramme, deren Herstellung ich gleichwohl für möglich halte, durch andauernde oder intensive Belichtung zu erzeugen.

Dass die eben genannten Vorgänge das Aussehen des Augengrundes beeinflussen, dürfte nicht bezweifelt werden und es ist daher zu erwarten, dass das Netzhautchagrin, soweit daran Stäbchen betheiligt sind, innerhalb der normalen Verhältnisse vielfachen Wandlungen unterliege. Für die Zapfen ist dagegen

Digitized by Google

nach den vorstehenden Erfahrungen eine grössere Constanz der Erscheinung wahrscheinlich, aber mit einer sehr wesentlichen die der Fovea betreffenden Einschränkung. Höchst wahrscheinlich sind die letzteren von wanderndem Pigmente umgeben, so dass die Grube das Licht bald absorbirt, bald zur Uvea und Sklera durchlässt: im ersteren Falle wird das von mir gesehene tief dunkelbraune Aussehen der Fovea constatirt werden, im anderen dort die hellere Blutfarbe zum Vorschein kommen, wenn die Pigmentirung der Uvea es zulässt.

Da die in sehr kurzer Zeit aufgetrockneten Netzhäute der beiden für so gut wie frisch zu haltenden Augen am Orte der Fovea augenscheinlich keine Defecte besassen, habe ich sie zur Vervollständigung der immer noch lückenhaften Beobachtungen über Fluorescenz der menschlichen Zapfen benutzt. Indem die Membranen die Rückseite nach oben wendeten, zeigten sie die Foveae umgekehrt, nach vorn hin eingesunken. So in möglichst gereinigtes Ueberviolet des Sonnenspectrums gehalten, erwiesen sich beide Netzhäute, wie es nach der stattgefundenen Belichtung zu erwarten war, stark grünlichweiss fluorescirend, am Rande beträchtlich intensiver, als in der Macula lutea und deren nächster Umgebung, in der Macula aber noch hinreichend intensiv, um die beinahe ganz dunkle Stelle im Centrum, nämlich die Fovea an dem Unvermögen zur Fluorescenz wahrnehmen zu können. Man fand diese daher im Ueberviolet ungefähr so gut auf, wie im gemeinen Lichte durch Beachtung der Delle. Vollkommen dunkel blieb die Stelle übrigens schon desshalb nicht, weil die aus glasirtem Porzellan bestehende Unterlage nicht ganz frei von Fluorescenz war. Es verdient auch Erwähnung, dass der dunkle Fleck um etwas grösser erschien, als der Grund der Grube und im Durchmesser ungefähr dem Kreise entsprach, welcher fast farblos gegen das umgebende Gelb der Macula hervortrat. Hier-

Digitized by Google

nach wird kaum mehr bezweifelt werden, dass die Zapfen der menschlichen Netzhaut der Fluorescenz entbehren, was ihrem Mangel an Sehpurpur und dem Ausbleiben der daraus durch Belichtung entstehenden, vorzugsweise kräftig fluorescirenden Stoffe (Sehweiss) zuzuschreiben sein dürfte.

Um das Material möglichst vollkommen auszunützen, habe ich den an diesen Netzhäuten besonders intensiv gefärbten gelben Fleck noch auf Lichtempfindlichkeit geprüft. Ich bedeckte das getrocknete Präparat locker mit einem grossen Deckglase und fixirte dieses mit zwei schmalen Banden schwarzen Papiers, indem ich die letzteren auf das Glas und die Porzellanplatte klebte. Eine der Banden beschattete dabei etwa die Hälfte der Macula lutea. Zum Zwecke längerer Belichtung wurde das Präparat in eine grosse niedere Porzellanschaale mit ebenem Boden gelegt, welche ich durch Einsetzen in ein Zinkgefäss mit fliessendem Wasser kühl zu halten suchte, und mit einem berandeten, wasserdicht übergreifenden, fortwährend von kaltem Wasser überrieselten Glasdeckel versah. Während des sehr schlechten Wetters vom 3. bis zum 8. Juli war an der Netzhaut kaum eine Veränderung zu bemerken, nachdem aber am letzteren Tage die Sonne ungewöhnlich günstig geschienen, fand ich nach dem Abheben des Deckglases und der Streifen nur die dunkel gehaltene Hälfte der Macula noch kenntlich und der Belichtungsgrenze entsprechend scharf abgeschnitten. Der gelbe Farbstoff der Macula ist also auch empfindlich gegen Licht und wird durch dasselbe gebleicht. Ausserdem wurde noch eine andere merkwürdige Erscheinung beobachtet: die mit Blut mässig gefüllten Gefässe waren an den belichteten Stellen merklich dunkler und grünlicher, als an den dunkel gehaltenen. Ich habe mich durch besondere Versuche überzeugt, dass das Licht auf den Gang der Hämoglobinzersetzung in rasch getrocknetem Blute von wesentlichem Ein-

Digitized by Google

flusse ist. Zieht man nämlich mit einem in frisches Blut getauchten Pinsel blasse Streifen auf eine Porzellanfläche und exponirt man das Plättchen, nachdem die Farbe schnell getrocknet, in derselben Weise, wie es eben von der Retina berichtet worden, so findet man die während einiger Zeit gründlich besonnten Stellen scharf von den beschatteten geschieden, die ersteren grünlich, die letzteren röthlich.

Endlich wurde die zweite noch disponible Retina zur Untersuchung des Verhaltens ihres an einigen Stellen in genügender Menge vorhandenen braunen Epithelpigmentes gegen Licht (vergl. unten) verwendet. Ebenso zugerichtet, wie die andere und vom 10. bis 19. Juli dem oft unterbrochenen Sonnenlichte ausgesetzt, zeigt sie noch heute an einigen Stellen zwei der Beschattung entsprechende, scharf berandete, hell chamoisbräunliche Streifen auf blass strohgelbem Grunde zum Beweise, dass auch die dunklen Pigmentkörnchen des Retinaepithels vom Lichte gebleicht werden.

Beide Netzhäute finde ich nach längerem Aufbewahren im trockenen Zustande über die ganze Fläche gelblicher, als anfänglich. Es bleibt zu untersuchen, ob dies ebenfalls eine Wirkung des Lichtes ist[1]).

II. Bemerkungen über die Farbstoffe der Vogelretina.

Die Bd I. S. 355 ausgesprochene Vermuthung, dass die drei von mir unterschiedenen Farbstoffe der Vogelretina in den bunten Oeltropfen der Zapfen nicht rein, sondern mehr oder minder mit

---

[1]) *Nobili* (Compt. rend. XIV. S. 823, Pogg. Ann. 56. S. 574) erklärte die menschliche Retina für gelb und suchte daraus die intensivere Wirkung der gelben Strahlen auf unser Auge zu erklären. Die Macula lutea sollte nach ihm nur deshalb zum Vorschein kommen, weil die Netzhaut dort am dicksten sei: falte man Stücke der Netzhautperipherie, so sehe auch diese deutlich gelb aus. Da eine gründlich gebleichte Netzhaut durch Falten nicht nennenswerth gelb wird, dürfte *Nobili* der Erste gewesen sein, der eine Andeutung des Sehgelb bemerkte.

Digitized by Google

einander gemischt vorkommen, glaube ich ausser durch die früher erwähnten Beobachtungen *Schwalbe's* noch durch einige gelegentlich erworbene Erfahrungen befestigen zu können.

Die Farbkugeln sind nämlich 1) wie bekannt, nicht bei allen Vögeln von völlig gleichem Aussehen, 2) nicht unter allen Umständen in derselben Retina gleich beschaffen und 3) in verschiedenen Theilen der Netzhaut etwas verschieden; alle Unterschiede sind aber der Art, dass sie nur auf Aenderungen in der Mischung dreier überall identischer Farbstoffe weisen.

Beim Huhn sind die Farben der einzelnen Kugeln um so reiner, je länger die Thiere im Dunkeln gehalten wurden: an Stelle der rubinrothen Kugeln fand ich solche von derselben ausgeprägten Purpurfarbe, wie sie das isolirte Rhodophan zeigt, die gelbgrünen Kugeln beträchtlich grünlicher, als gewöhnlich, ähnlich dem gut gereinigten Chlorophan; die orangefarbenen Kugeln zeigten sich dagegen nach 10—12tägigem Dunkelaufenthalte nicht geändert. Bei der Taube werden unter den gleichen Bedingungen ähnliche Differenzen beobachtet, obschon die Purpurfarbe namentlich in der tiefer gerötheten Stelle weit weniger zur Geltung kommt. Dagegen werden die gelbgrünen Kugeln, wie beim Huhne, bedeutend grünlicher. Dasselbe gilt auch für im Lichte gehaltene Thiere hinsichtlich des vorderen Theiles der Netzhaut, welcher wegen der von vorn nach hinten abgeflachten Gestalt des Bulbus dem Lichte wenig zugänglich ist. Nach hinten und nach dem Pecten zu scheinen die Chlorophankugeln immer reicher an Xanthophan zu werden.

Am meisten grünlich fand ich die Chlorophankugeln in der Netzhaut eines Papageies (Chrysotis Levaillanti?), etwas mehr zum Gelb neigend, jedoch erheblich grüner, als bei Taube und Huhn, bei einem jungen Thurmfalken. An der Netzhaut des letzteren bemerkte ich auch eine eigenthümliche Anordnung der verschiedenen Farbkugeln, die bei andern Vögeln zwar angedeutet,

Digitized by Google

aber viel weniger auffallend ist. Namentlich im centralen Theile der Retina findet sich dicht neben jeder rubinrothen Kugel eine kleinere, orangegefärbte, und nirgends eine dieser vereinzelt. Zwischen diesen Paaren liegen in grösserer Zahl die gelbgrünen und farblosen. An einer Stelle der Netzhaut, wo das Pigmentepithel in regelmässiger Anordnung erhalten geblieben, war das Bild noch auffallender, indem jedes roth-orange Paar dicht mit Pigment umhüllt erschien, während weite helle Höfe in der Pigmentzelle die mit gelbgrünen Kugeln versehenen Zapfen umgaben.

Wenn die rubinrothen Kugeln nach längerem Dunkelaufenthalte purpurn, die gelblichen grüner werden, so konnte man schliessen, dass das Licht das purpurne Rhodophon in Xanthophan, dieses in Chlorophan verwandele, dass also die beiden letzteren Pigmente die Reihe der Bleichungsproducte des ersteren darstellten. Ich fand indess für diese Auffassung keine thatsächlichen Anhaltspunkte, denn die Lösung des Rhodophans in Benzol wurde nach vieltägiger Belichtung einfach gebleicht ohne Aenderung der Nuance, so dass sie auch im letzten Stadium noch blassrosa aussah. Die Xanthophanlösung in Aether wurde unter denselben Verhältnissen allerdings der Auflösung des Chlorophans in Aether oder in Petroläther ähnlicher, aber die Differenzen dieser beiden Farben verwischen sich überhaupt bei starker und gleichmässiger Verdünnung sehr. Dass die Xanthophankugeln bei dunkel und hell gehaltenen Vögeln keine Differenzen zeigen (auch ihre Zahl scheint sich nicht zu ändern), widerspricht endlich jener Annahme am meisten.

Wie gering die Lichtempfindlichkeit der die Zapfenkugeln färbenden Stoffe sein mag, so verdient sie schon wegen des Vorkommens dieser Pigmente im Sinnesepithel Interesse. Ich habe daher versucht, die Bleichung in monochromatischem Lichte zu verfolgen, und zu dem Zwecke höchst verdünnte Lösungen der drei von einander getrennten Farbstoffe in Reihen dünnwandiger

Digitized by Google

Röhrchen einem guten Sonnenspectrum ausgesetzt. Mit Hülfe eines vortrefflich arbeitenden Heliostatenuhrwerkes habe ich viele Stunden lang an mehreren aufeinanderfolgenden guten Sonnentagen Licht gleicher Brechbarkeit auf den einzelnen Röhrchen zu erhalten vermocht, aber es ist mir nur beim Chlorophan geglückt, ganz geringes Abblassen im mittleren Theile des Spectrums zu erzielen. Nicht besser war der Erfolg an Flecken, die ich mit den Lösungen auf Papier hergestellt hatte. Ich musste mich desshalb an die schlechtere Methode, das Licht durch Absorption zu sondern, halten, und habe darauf immer je drei der Röhrchen unter rothen, grünen und blauen Gläsern continuirlich dem Tageslichte ausgesetzt, wobei ich die Erwärmung durch die oft erwähnten Berieselungsvorrichtungen auszuschliessen bestrebt war. Nur unter blauer Bedeckung hatten diese Versuche, freilich nach mehr als 8-tägiger Besonnung Erfolg und zwar den, dass gerade, wie am unzerlegten Lichte zuerst das Chlorophan, dann das Xanthophan, am spätesten das Rhodophan erblich. Ebenso war die Reihefolge unter einer Schicht von Kupferoxydammoniak, wo der Versuch indess bis über die zweite Woche hinaus fortgesetzt werden musste. Sicherlich sind dies keine Erfahrungen, welche den drei Farbstoffen dasselbe Verhalten, wie dem Sehpurpur und dem Sehgelb, welche letzteren von demjenigen Lichte, das sie am kräftigsten absorbiren, auch am schnellsten afficirt werden, zuzuschreiben gestatten.

Obschon die Zapfenkugeln in jeder beliebigen, dem Lichte ausgesetzten Vogelretina intensiv gefärbt gefunden werden und selbst ein längerer Aufenthalt der lebenden Thiere in blendendem Lichte daran nichts ändert, habe ich nicht versäumen wollen, den Erfolg ungewöhnlicher Blendung am Lebenden zu untersuchen. Ich nahm desshalb Tauben durch einen Lanzenschnitt die Cornea fort, öffnete die Linsenkapsel, entfernte die Linse und legte einen für den Zweck in entsprechender Grösse con-

Digitized by Google

struirten Lidhalter in die Pupille, so dass dieselbe ein weites viereckiges Loch darstellte. Vor der Operation ist es bequem, das dritte Lid wegzuschneiden und das Auge durch einen ebenfalls besonders angefertigten Lidhalter frei zu legen. Bei richtiger Ausführung ist das ganze Verfahren unblutig[1]). In die jetzt nicht mehr zu verengende Pupille liess ich Sonnenlicht fallen, und um dies länger durchführen zu können, benutzte ich den Heliostaten, während das Thier natürlich gut fixirt war. Ausserdem fand ich es nöthig das vom Spiegel kommende Licht mit einer grösseren Linse auf dem Auge zu concentriren. Um keine ungebührliche Erhitzung aufkommen zu lassen waren einige Einstellungsproben zu machen, nach welchen ich es übrigens leicht dahin brachte, dass ein in der Pupille fixirtes kleines Thermometer trotz der blendenden Beleuchtung nicht über 40° C. anzeigte. Ich habe mit dem nicht ohne Widerstreben auszuführenden Versuche noch andere Zwecke verfolgt (vergl. unten), als die hier erörterten, und berühre jezt nur das die Zapfenkugeln betreffende Ergebniss.

Es gelingt durch mehrstündige übermässige Blendung nicht, irgend welches Abblassen an den Farben der Zapfenkugeln zu erzeugen, und wenn überhaupt eine Veränderung an denselben bemerkt werden kann, so besteht sie in einer Verstärkung der Farbe. Nach einigen Wiederholungen des Experimentes halte ich mich von dem letzteren hinsichtlich der Chlorophankugeln überzeugt, denn ich habe diese niemals, und besonders nicht im ungeblendeten andern Auge von solcher Grösse und Farbensättigung gesehen, wie nach 2 der beschriebenen Blendungen. In einem dieser Fälle waren ausserdem die Innenglieder der entsprechenden Zapfen, in der Art wie es sonst nur an den Rhodo-

---

[1]) Auf jede Berührung der Cornea bemerkte ich zuckende starke Pupillenverengung.

Digitized by Google

phanzapfen des rothen Fleckes bekannt ist, mit gelbgrünen Körnchen gefüllt. Dem entspricht auch das makroskopische Aussehen dieser Netzhäute, das ausserhalb des rothen Fleckes gesättigter in der Farbe und grünlicher ist, als gewöhnlich. Zeigt die herausgenommene Membran sich heller als sonst, was auch vorkommt, so liegt es daran, dass die Zapfen in grosser Zahl abreissen und im Augengrunde zurückbleiben; man findet diese dann nach dem Ausschaben des Epithels und entdeckt die entsprechenden Defecte an den helleren Netzhautstellen ohne Mühe mikroskopisch.

Ohne behaupten zu wollen, dass das Licht für die Entstehung der fraglichen Farbstoffe unbedingt erforderlich sei, was schon durch *M. Schultze*'s Beobachtungen über die Entstehung derselben vor dem Ausschlüpfen des Hühnchens aus dem Ei unwahrscheinlich wird, glaube ich eine Betheiligung des Lichtes an dem Processe unter Umständen doch nicht ausschliessen zu können.

Mit der weiteren Verfolgung dieser Frage beschäftigt, wünsche ich gegenwärtig mehr die andere Seite des Ergebnisses zu betonen, welche jedenfalls die Unmöglichkeit beweist, im lebenden Vogelauge Bleichung der Zapfenkugeln zu erzielen. Um so auffallender war es mir daher, nachträglich Differenzen im Verhalten der Farben des geblendeten und des andern Auges gegen Licht wahrzunehmen. Es waren von jeder Netzhaut 4 Stückchen auf Milchglas angetrocknet, und zwar auf je eine Platte eins vom rothen Flecke und eins aus den helleren, jedoch möglichst central entnommenen Theilen. Da die Vogelnetzhaut nach dem Trocknen weit gesättigtere und gleichmässige Orangefärbung annimmt, so dass selbst der rothe Fleck nur an einem etwas tieferen Orange kenntlich bleibt, so schwanden jetzt die von den feuchten Membranen genannten Unterschiede und dies blieb so auf 2 im Dunkeln aufbewahrten Plättchen. Als ich aber die beiden andern mit je 2 Präparaten vom Dunkel- und Hellauge

Digitized by Google

belegten 2 Tage gründlich besonnt hatte, waren die des Ersteren kaum verändert, die des Letzteren stark gebleicht, das vom rothen Flecke entnommene hell orange, das andere fast farblos.

Mein Vorhaben, die Farbstoffe der Vogelretina in grösserer Menge zu gewinnen, wurde durch einen Umstand vereitelt, den ich anderen Untersuchern nicht vorenthalten möchte. Als ich fast 600 Augen von Tauben und Hühnern innerhalb 3 Monaten gesammelt und jedesmal frisch zugerichtet in Alkohol gelegt hatte, bemühte ich mich 4 Monate später vergeblich, die Farbstoffe daraus zu gewinnen. Der Alkohol hinterliess verdunstet eine gelblichbraune Masse, die Aether nur blass gelb färbte, und der Aether nahm aus den mit völlig hinreichenden Mengen Alkohol gut conservirten Augen nur wenig gelbliches Pigment auf. Da die rückständigen Netzhäute noch gelblich aussahen, habe ich sie mit Alkohol ausgekocht, aber weder dies noch Extraktion mit Chloroform, Benzol oder CS_2 führte zum Ziele. In der Meinung, dass die Pigmente an irgend etwas fixirt worden, behandelte ich Proben mit Säuren, mit Alkalien, auch unter Mitwirkung von Alkohol oder Aether, ohne farbige Extracte erzielen zu können, endlich den ganzen Rest mit Trypsin, um die Albumine zu lösen. Weder die Verdauungslösung noch der Rückstand gaben an Aether etwas Gefärbtes ab. Das gelbe Fett, welches die erste Aetherextraktion hinterlassen, verhielt sich auch beim Verseifen anders, als das der schnell verarbeiteten Augen, insofern beim Zugeben der Natronlauge zur heissen alkoholischen Lösung eine tief braunrothe Färbung auftrat. Da sämmtliche Präparate nur im Dunkeln gestanden hatten, so kann die allmähliche Zerstörung der Pigmente nicht mit dem Lichte zusammenhängen. Am Chlorophan und Xanthophan, das erstere in Petroläther, letzteres in Aether gelöst und nur mit etwas Seife verunreinigt, habe ich dieselbe unangenehme Erfahrung gemacht, dass die Farben (nach 5—6 Monaten) auch im Dunkeln

vergehen. Die Lösungen des Rhodophans in Benzol, welche ich heute noch besitze, sind dagegen unverändert. Im Ozonstrome werden die 3 Farbstoffe entfärbt, das Xanthophan am leichtesten, das Chlorophan zuletzt.

III. Vom braunen Pigmente des Auges.

Im 2. Hefte des I. Bandes von *Foster*'s Journal of Physiology habe ich kurz mitgetheilt, dass es mir gelungen sei, an dem bisher wohl allgemein für sehr stabil gehaltenen dunklen Pigmente des Retinaepithels Lichtempfindlichkeit nachzuweisen. Es war dies möglich gewesen besonders an Stückchen epithelhaltiger Vogelnetzhaut, welche ich einige Wochen mit einer thymolisirten Lösung von $^1/_2$ pCt. Soda benetzt am Lichte aufbewahrt hatte. Die ziemlich langen feinen Nadeln des Farbstoffs waren erst gelb, dann farblos geworden und im letzteren Zustande, ohne Aenderung der Gestalt aufzuweisen, in der bekannten Weise angeordnet in den wenig gequollenen Epithelzellen sichtbar geblieben; im Dunkeln blieb die Umwandlung aus.

In der Fortsetzung dieser Beobachtungen war ich vor Allem bemüht, mit reinerem Materiale zu arbeiten. Man verschafft sich dasselbe, indem man mit dem Epithel ausgeschlüpfte Froschnetzhäute frisch in Galle von 5 pCt. löst, filtrirt, die durchgehende Tinte absetzen lässt, abpipettirt, den Bodensatz wiederholt mit Wasser, endlich mit Alkohol und Aether wäscht. Wird ausser der ersten unumgänglichen, jede weitere Filtration vermieden, so ist der Verlust am geringsten und man erhält das Pigment sehr rein in Gestalt eines Satzes oder Anfluges. Anfänglich habe ich es vor der Aetherbehandlung noch mit verdünnter Soda gewaschen und der Trypsinverdauung, der es widersteht, unterworfen, doch halte ich dies nicht mehr für nöthig, weil den in der Galle suspendirten, durch das Filter gehenden Pigmenttheilchen niemals erkennbare ungelöste Stoffe beigemischt waren. Die des

Digitized by Google

Epithels beraubten Augengründe habe ich zur Gewinnung des chorioïdalen Pigmentes verwerthet, indem ich die schwarzen Membranen aus der Sklera herauspflückte und so lange mit Galle, später mit Wasser schüttelte, bis die Flüssigkeit nicht mehr von dunklen Körnchen getrübt wurde. Das Verfahren bedingt zwar bedeutenden Verlust, schützt aber vor jeder Verunreinigung mit Epithelpigment, das im Augengrunde nach dem Fortnehmen der Netzhaut zurückgeblieben sein könnte. Um die dunklen Körnchen aus dem Chorioïdalgewebe zu befreien, habe ich die schwarzen Flocken nach einmaligem Aufkochen in Wasser der Trypsinverdauung unterworfen, das Unverdaute mit verdünnter Soda, mit Wasser, äusserst schwacher Essigsäure, nochmals mit Wasser, endlich mit Alkohol und Aether gewaschen, Alles mit Umgehung des Filters nur durch Absetzen, Decantiren und Bearbeitung mit capillaren Pipetten. Was ich so als Rückstand erhielt, stellte eine nur aus amorphen dunklen Körnchen bestehende Masse dar, zwischen welchen mikroskopisch nichts Anderes zu erkennen war. Im Gegensatze zum Epithelpigmente sah dieselbe schwärzer, weniger braun aus, doch ist es mir fraglich, ob chemische Verschiedenheiten die Ursache davon seien, obwohl ich bestätigen muss, dass nur das Epithelpigment krystallinische Bildungen aufweist, aus welchen dieses wieder übrigens nicht ausschliesslich besteht. Im menschlichen Auge entspricht bekanntlich die Farbe sowohl des Epithels, als der Chorioïdea immer gleichmässig dem blonden oder brünetten Habitus.

Da die Experimente, welche ich vorhatte, sämmtlich auf längere Expositionszeit angelegt waren und der diesjährige Sommer durchaus keine Abkürzung der Belichtung versprach, wurden von vornherein Präparate der verschiedensten Art, in grosser Zahl, paarweise zum Verweilen im Hellen und Dunkeln hergerichtet. Eine Serie derselben unterschied sich nicht von gewöhnlichen, gut verschlossenen mikroskopischen Objecten und

Digitized by Google

es dienten sowohl Asphalt, wie sog. Würzburger weisser Kitt zum Verschlusse. Die möglichst ohne Luftblasen eingeschlossenen Zusatzflüssigkeiten bestanden aus Wasser oder Kochsalz, Soda, Pottasche von $^1/_2$ pCt. Die 2. Serie bestand aus Milchglastäfelchen oder Stückchen Aquarellpapier, auf welche das Pigment in Bändern von verschiedener Dunkelheit mit dem Pinsel aufgemalt worden; dieselben wurden mit Streifen von rothem, farblosem und berusstem Glase oder nach lockerer Bedeckung der ganzen Fläche mit einem dünnen Glase, mit aufgeklebten Streifen schwarzen Papiers stellenweise gedeckt.

Das mit dieser 2. Serie erzielte Resultat war alsbald unzweifelhaft: die gemalten Streifen wurden hellbraun, gelb, zuletzt farblos, soweit das weisse Licht sie beschienen hatte, während die schwarz bedeckten Antheile nach Verlauf des ganzen Sommers noch völlig unverändert sind. Täfelchen, welche in der früher erwähnten Kühlvorrichtung belichtet worden, zeigen im Vergleiche zu anderen, von der Sonne zugleich erwärmten, keine Unterschiede, obschon die Behandlung noch die zweite Ungleichheit einschloss, dass die ersteren sich in ziemlich feuchter Atmosphäre, die letzteren unter Glocken mit SH_2O_4 befanden. Auf Papier gemaltes Pigment widerstand dem Lichte länger, blich aber endlich auch vollkommen aus. Hinsichtlich der erforderlichen Lichtintensität kann nur angegeben werden, dass die dunkelsten Streifen Wochen und Monate bedürfen, hellgraue je nach dem Wetter 14 Tage bis 2 Tage. An einigen seltenen guten Tagen wurde die Wirkung auf den am zartesten gemalten Streifen schon nach 4—5 Stunden von Personen bezeichnet, die nicht wussten, wo die Bedeckung sich befunden hatte; ich kann mir darum denken, dass Jemand, der solche Versuche unter günstigeren Breiten, vielleicht noch in der reinen Atmosphäre beträchtlicher Höhen anzustellen das Glück hätte, diesem Pigmente recht erhebliche Lichtempfindlichkeit zuschreiben würde. Was unter rothem

Digitized by Google

Glase gelegen hatte, zeigte sich nicht ganz unverändert, wenigstens ist an einem während des ganzen Sommers exponirten Plättchen, wo die rothe und schwarze Decke sich ohne jeden Zwischenraum berührten, indem ein zur Hälfte stark berusstes tiefrothes Glas übergelegt worden, die Grenze sehr deutlich und Was roth belichtet worden in ganzer Ausdehnung entschieden gelbbräunlich gegen die andere Hälfte der Fläche. Abwechselnd mit Chorioïdal- und Epithelpigment gemalte Bänder, paarweise in gleicher Sättigung gehalten, zeigten in keinem Stadium der Belichtung Unterschiede.

Zu meiner Ueberraschung hielt die Ausbleichung in der Serie der feuchten Präparate mit der eben erwähnten nicht gleichen Schritt, ja es zeigte sich nur an einzelnen alkalischen Präparaten Uebergang der Körnchenfarbe zu Gelb oder stärkeres Abblassen. Ich schob dies anfänglich auf Unsicherheiten der Beobachtung, denn es ist in der That kaum möglich, sich zu vergewissern, ob von so kleinen Theilchen, wie sie dieser Brei in dünner Lage enthielt, einzelne braun, gelb oder farblos seien, aber wenn ich mir etwas dichtere Stellen ansah, die jedenfalls keine stärkere Pigmentschicht darstellten, als die einigermassen dunkel gemalten Streifen der andern Serie und sie in den meisten Fällen nach derselben Belichtungszeit, welche jene ganz zu entfärben genügt hatte, noch braun fand, so musste ich mir sagen, dass irgend welche ausser dem Lichte zur Bleichung miterforderliche Bedingungen gefehlt hatten. Einige Versuche ergaben alsbald, dass es sich dabei um den atmosphärischen Sauerstoff handelt, ohne welchen (im luftleeren Raume oder in CO_2) das Pigment in der That vollkommen lichtbeständig ist. Dr. *K. Mays*, der die weitere Bearbeitung dieser Angelegenheit übernommen hat, wird darüber demnächst genauere Mittheilungen geben können.

Sobald bei einem physiologische Beziehungen einschliessenden,

Digitized by Google

chemischen Vorgange Oxydation in Frage kommt, liegt es nahe, den ausserhalb des Organismus zu constatirenden Verlauf nur für das schwache Abbild des innerhalb der Lebensverhältnisse stattfindenden Processes zu nehmen. Zahlreiche Fälle beweisen, wie weit wir davon entfernt sind, mehrere oxydative Lebensvorgänge, an deren Existenz nicht zu zweifeln ist, künstlich mit den Mitteln des Organismus in gleichem Grade oder überhaupt nachzuahmen. Man durfte daher der beobachteten Lichtempfindlichkeit des Epithelpigments für das unter dem gleichzeitigen Einflusse bewegter und athmender Säfte sehende Auge grössere Bedeutung zutrauen, als die Geringfügigkeit des Vorganges anfänglich vermuthen liess. In dieser Ueberlegung untersuchte ich durch maximale Belichtung geblendete Augen verschiedener Thiere, des Kaninchens, der Taube und des Frosches. Das schon erwähnte Verfahren war überall das nämliche: es wurde die Pupille nach Entfernung der Cornea und der Linse durch Sperrdräthe (Lidhalter), die auch dem Froschauge passend leicht herzustellen sind, weit geöffnet und mit Heliostat und Linse 2—6 Stunden so intensiv beleuchtet, als es ohne gefahrvolle Erwärmung möglich war. Frösche wurden dabei überrieselt und entweder mit Curare gelähmt, oder zur Vermeidung des für das Auge besonders zu beachtenden Oedems, gefesselt. Während der Blendung der Tauben und Kaninchen empfing ich den Eindruck, als ob eine beträchtliche Absonderung im Auge bestehe; auch war es niemals nöthig, für Verdunstung Ersatz zu leisten. Von der Retina wurde der maximal beleuchtete Antheil gesondert erhalten, indem ich das Centrum des Augengrundes mit dem Locheisen vollständig ausbohrte und das entsprechende Netzhautstück sammt dem Epithel später von der Uvea abhob. Zum Vergleiche dienten sowohl periphere vordere Netzhautabschnitte, wie Präparate aus dem andern Auge.

Das die Farbkugeln der Vogelretina betreffende Resultat

Digitized by Google

dieser Versuche wurde bereits berichtet; Aehnliches ist über die gelben Fettkugeln des retinalen Epithels vom Frosche zu bemerken, die ich zu meiner Ueberraschung grade an der am meisten geblendeten Stelle von äusserst gesättigter Färbung und nur in dem schwächer beleuchteten Umkreise vielfach bis zur Farblosigkeit gebleicht fand. Ich vermuthe die Ursache dieses sonderbaren Verhaltens in dem Umstande, dass das braune Pigment um so vollständiger die hinteren Stäbchenkuppen deckt, je intensiver die Beleuchtung ist und jene farbigen Kugeln vor weiterer Belichtung schützt. Zum Beweise, dass das Froschauge wesentliche Lebenseigenschaften bei dem Versuche nicht einbüsst, kann ich anführen, dass sich der Sehpurpur in einem 4 Stunden auf die erwähnte Weise geblendeten Auge nach ebenso langem Dunkelaufenthalte regenerirt fand.

Ob und in welcher Weise das braune Pigment Aenderungen erlitten, ist schwer zu sagen: ich bin der Meinung, dass eine solche aus gewissen Ansichten der Präparate, die ich beschreiben will, hervorgehe. Ein blasseres oder gelblicheres Ansehen der Epithelflächen im Ganzen ist zunächst gänzlich ausgeschlossen, ich habe es niemals gesehen. Dagegen verdienen einige Eigenthümlichkeiten der einzelnen Pigmentzellen Beachtung. Beim Frosche vermehrt sich erstens die Zahl der früher (Bd. I S. 287) beschriebenen farblosen Klümpchen bisweilen in erstaunlichem Grade, so dass die Epithelien von hinten betrachtet, dieselben in dem nicht pigmentirten Hute dicht zusammen gepackt und bis an den gelben Tropfen gedrängt zeigen; viele Zellen besitzen eine der Chorioidea zugewendete Zone, welche kaum etwas Anderes enthält. Ausserdem und mehr nach vorn zeigt der Zellenleib einen streifigen Inhalt, sieht struppig, wie aus wirr zusammengelegten, glänzenden, länglichen Stückchen bestehend, aus. Dieselbe Erscheinung findet sich im Epithel des Kaninchens und der Taube, denen die farblosen Klümpchen fehlen und ist bei der letzteren

Digitized by Google

am auffälligsten. Löst man das Epithel in Galle von 5 pCt. auf, so stiebt das Pigment auseinander, das Sehfeld bedeckt sich mit zerstreuten Kernen und die Klümpchen des Froschpräparates gehen in Lösung. Zu dieser Zeit fällt es auf, dass Bruchstücke der Zellenleiber, die dem struppigen Antheile entsprechen, entweder für sich oder an einem Kerne haftend, noch umhertreiben und erst später zu Körnchenhaufen zerfallen. In dem entstandenen Pigmentbrei braune und farblose oder gelbliche Körnchen und Stückchen zu unterscheiden, fand ich unmöglich, aber Alles, was ich gesehen, drängt mir die Ueberzeugung auf, dass der zwischen der vorderen Pigmentlage und dem Kerne befindliche Theil der Epithelzelle kleine, kantige, gebleichtem Pigmente entsprechende Theilchen enthalte. Wer das retinale Epithel dunkel gehaltener Thiere sorgfältig untersucht hat, kennt zwar auch an diesem eine gewisse streifige Zeichnung, die dem pigmentarmen Antheile des Protoplasma oft eigenthümlich ist, ich muss mich aber grade, weil mir dieselbe bekannt ist um so bestimmter darüber aussprechen, dass die Zellen der geblendeten Netzhaut eine besondere Art streifigen Inhaltes darbieten. In den nach vorn gerichteten Fortsätzen der Pigmentzellen habe ich bisher vergeblich nach ausgeblichenen Pigmentnadeln gesucht und bin darin auch bei der Taube, wo mir der Anblick nach den Erfahrungen an ausserhalb des Organismus besonnten Objecten bekannt war, nicht glücklicher gewesen. Weitere Beobachtungen über die Frage nach der epithelialen Pigmentbleiche, im Leben mit dem beschriebenen Verfahren durchgeführt, dürften bessere Erfolge geben, wenn man Thiere fände mit ähnlich hellem Epithelpigmente, wie dem hochblonder menschlicher Augen, denn dieses fand ich im isolirten Zustande noch lichtempfindlicher, als innerhalb der getrockneten Netzhaut, (vergl. oben S. 105) ja von allem bis jetzt untersuchten Epithelpigment weitaus am schnellsten bleichend im Lichte.

Digitized by Google

Schlusserörterungen.

Seit unserer Bekanntschaft mit der directen Wirkung des Lichtes auf den Sehpurpur steht nunmehr eine ganze Reihe durch Licht nachweislich veränderlicher Retinabestandtheile und eine grössere Anzahl photochemischer Processe zur Verfügung, deren Bedeutung für das Sehen nicht abzuweisen ist. Als ich dem Farbstoffe der Stäbchen den Namen Sehpurpur gab, schloss ich die Hypothese daran, dass der Körper die Function habe, im Leben vom Lichte zersetzt zu werden und Producte zu liefern, welche als chemische Reize auf die Sehzellen wirken. Da Hypothesen das Mittel sind, mit dem man weiter arbeitet und keine einzige Thatsache bekannt ist, welche die eben genannte widerlegt, so finde ich um so weniger Grund, sie zu verlassen, als von anderer Seite bereits dem auch von mir empfundenen und ausgesprochenen Bedürfnisse nach Bearbeitung der Frage von einem entgegengesetzten Standpunkte genügt wird. Wenn es mir vergönnt war, thatsächlich zu erweisen, dass es ein Sehen ohne Sehpurpur gibt, indem ich die Abwesenheit des Purpurs in allen Zapfen und in den Stäbchen einzelner Thiere sowohl, wie das Sehen mit ausgeblichener Netzhaut darzuthun vermochte, so habe ich damit keineswegs Anlass gegeben, mir die Meinung zuzuschreiben, dass der Purpur die ihm von der Hypothese zugeschriebene Bedeutung nicht haben könne und noch weniger, dass er mit dem Sehen überhaupt nichts zu thun habe.

Die photochemische Hypothese des Sehens fordert zweierlei: erstens durch Licht zersetzliche Körper und zweitens durch die Zersetzungsproducte erregbare Apparate. Die ersteren sind im Sehpurpur und anderen, von *Exner* sehr zweckmässig als Sehstoffen bezeichneten Körpern gefunden, die letzteren werden in den Sehzellen vorausgesetzt. Nichts ist natürlicher, als dem Purpur in hervorragender Weise die Bedeutung eines Sehstoffes zuzuschreiben, da er unter allen bekannten Körpern, die wir

Digitized by Google

dafür halten können, allein den hohen Grad von Lichtempfindlichkeit besitzt, dessen die Geschwindigkeit des Sehactes und die Empfindlichkeit des Auges gegen geringe Lichtintensitäten zu bedürfen schien. Ich bin daher der Ansicht sehr zugethan, dass das Stäbchensehen ausgeruhter oder von mässigem Lichte getroffener Augen vorwiegend auf dem Vergehen und Entstehen des Purpurs beruht. Weiter hat man zu fragen, ob das Stäbchensehen noch fortbesteht, nachdem der Purpur verschwunden ist? Darüber kann ohne Weiteres weder das menschliche noch ein thierisches, ausserdem mit Zapfen und mit Zapfensehen begabtes Auge entscheiden. Indess wurde die Frage zu verneinen gesucht, weil nächtliche Thiere, deren Zapfensehen man Grund hatte für schwach entwickelt zu halten, unter solchen Bedingungen, unter welchen der Sehpurpur schneller bleicht, als er wieder hergestellt werden kann, schlecht oder nicht sehen. Welche Aufklärung immer uns über das Sehen der Nachtthiere bevorstehen möge, so muss ich es für höchst wahrscheinlich halten, dass der Verlust des Sehpurpurs das Stäbchensehen noch nicht aufhebt, und dass im Stäbchenapparate allein schon mehrere Sehstoffe enthalten seien. Hierüber würde das Verhalten solcher Thiere, welche nur Stäbchen besitzen, entscheiden, nachdem sie den Purpur verloren haben. Wie es scheint, eignet sich dazu das Kaninchen. Es ist zwar in der mikroskopischen Anatomie Gegenstand der Controverse, ob das Kaninchenauge Zapfen besitze, und ich selbst habe mich darüber bis jetzt nicht bestimmt zu entscheiden vermocht, aber ausser Zweifel ist es, dass etwa vorhandene Zapfen in ungewöhnlichem Grade gegen die Stäbchen zurücktreten müssen. Die Kaninchennetzhaut erscheint in der Aufsicht von rückwärts so homogen rosig, und es ist bei mikroskopischer Betrachtung gut ausgebreiteter Präparate so unmöglich, irgendwo farblose Unterbrechungen in dem gleichmässig rosenfarbenen Stäbchenmuster zu finden, deren man an sicher

Digitized by Google

zapfenhaltigen Netzhäuten immer leicht ansichtig wird, dass ich dieses Auge in der Frage für entscheidend halten möchte.

Ob Kaninchen sehen oder nicht, ist leicht festzustellen: mit vernähten Lidern oder verbundenen Augen sind sie so ungeschickt, dass man sie auch ohne Beachtung der Schutzmittel am Kopfe von andern unterscheiden würde. Etwas normaler benehmen sich einige Tage nach der Operation die nach *Holmgren's* Methode der intracraniellen Opticusdurchschneidung erblindeten, doch erkennt man auch deren Blindheit ohne Mühe: sie rennen gejagt mit Vehemenz gegen eine Mauer, stürzen im Laufe in einen senkrecht abfallenden Schacht, und wenn man sie auf ein Brett von mässigem Umfange setzt, das auf einem hohen Pfosten befestigt ist, so fallen sie gelegentlich, ohne Sprung, wie ein Sack herunter, was Alles sehenden Kaninchen nicht begegnet. Steht die Platte nur meterhoch, so springen normale Kaninchen nach einiger Umschau vorsichtig herunter; die blinden halten sich ängstlich tastend länger oben, und wenn sie herabkommen, so geschieht es mit ungeschicktem Fall. Legte ich von solcher Platte eine lange, schmale Latte bis in die Stallthür, so fanden die Thiere bald den Muth, sie als Brücke zu benutzen, während die blinden niemals Gebrauch von dem Mittel machten, das ihnen gedient haben würde, den Unbilden der Witterung zu entkommen. Des Sehpurpurs beraubte Kaninchen zeigten von dieser Unbeholfenheit keine Spur; *Coccius* war also im Rechte mit der Bemerkung, dass Verlust des Purpurs auch bei Kaninchen keine Blindheit bedinge. Um sicher zu gehen, habe ich die Thiere mit atropinisirten Augen auf einem hohen, schmalen Gestelle mit allseitig freier Umschau in die Sonne gesetzt, von einem den totalen Verlust des Sehpurpurs constatirt, von einem anderen, dass es nach 25 Minuten Dunkelaufenthalt die ersten Anzeichen der Netzhautfärbung wieder gewann und mich überzeugt, dass beide zuvor bei den genannten Proben kein Benehmen darboten,

Digitized by Google

das auf Verlust des Sehvermögens gedeutet hätte. Diese Erfahrungen sind vollkommen in Uebereinstimmung mit *Holmgren's* Nachweis, dass ein gebleichtes Kaninchenauge auf Lichtreiz noch Schwankungen der Retinaströme zeigt (vgl. dieses Heft, S. 81—88). Ich schliesse daraus, dass der Stäbchenapparat ausser dem Sehpurpur noch über andere dauerhaftere Sehstoffe verfüge und denke, dass das Epithelpigment als einer davon aufzufassen sei.

Wie gering die Lichtempfindlichkeit des braunen Pigmentes selbst im Leben sein mag, so scheint sie mir unter Voraussetzung besonders kräftig erregender Wirkung der Bleichungsproducte, die allmählich gelöst werden dürften, und einer gegen diese chemischen Reize hochgradigen Erregbarkeit der Sehzellen genügend, um die zum Sehen nöthige Reizung zu veranlassen. Nichts steht, um wieder daran zu erinnern, nach Dem, was Jedermann über die chemische Erregbarkeit der Riechzellen weiss, im Wege, die höchsten Grade chemischer Veränderlichkeit auch dem Protoplasma der Sehzellen zuzuschreiben. Wir müssen uns bei einem Sinnesorgane von dieser Feinheit, das auf derartig minimale lebendige Kräfte reagirt, wie das Auge, an den Gedanken gewöhnen, dass auch nur verschwindend kleine Quantitäten chemischer Mittel nöthig sein werden, um bedeutende Wirkungen hervorzubringen. Beweise, dass viele andere Gewebe von solchen Spuren in colossalem Grade functionell geändert werden, liegen in Menge vor: man denke an die Wirkung mancher Gifte, an die Spuren der Santonsäure, die jeweils nur im Sehapparate enthalten sein mögen, und deren Effecte, an *Darwin's* Beobachtungen über den Einfluss fast unglaublich geringer Ammoniakmengen auf das Protoplasma einiger Pflanzenzellen und man wird sich vielleicht immer noch zu geringe Vorstellungen von der chemischen Erregbarkeit des Sehzellenleibes machen. Darum ist auch die vorerwähnte Annahme, dass ein Sehorgan, welches für Licht von sehr geringer Intensität genügt, einen mindestens so hochlichtempfindlichen Sehstoff, wie den

Digitized by Google

Sehpurpur enthalte, nicht unumgänglich, indem eine hochgradige Reactionsfähigkeit der von dem chemischen Sehreger zunächst betroffenen Einrichtung ihm auch erlauben würde, mit einem langsam durch das Licht zersetzlichen Stoffe auszukommen.

Unter Sehzellen sind hier im Allgemeinen nur die Stäbchen und Zapfen, im gegenwärtigen Falle die Stäbchen sammt dem Innengliede gemeint, denn die Epithelzellen dafür zu halten liegt trotz dem Nachweise darin befindlicher lichtempfindlicher Stoffe keine Veranlassung vor. Die Entwickelung der Pigmentzellen ist bekanntlich eine so selbständige, und es schieben sich die sprossenden Aussenglieder des eigentlichen Sinnesepithels, d. h. der mit empfindenden Nerven zusammenhängenden Epithelien so deutlich in die weiche, vorher fertige Pigmentlage vor, dass an einen sog. organischen Zusammenhang der beiderartigen Gebilde nicht zu denken ist. Ausserdem gibt es gute physiologische Gründe, das Epithel für nicht direct am Sehacte betheiligt zu halten, da keine Erfahrung über das Unterscheidungsvermögen nahe zusammenliegender Bildpunkte mit der zum Theil beträchtlichen Grösse der Epithelzellen zu reimen ist, während die schmalen Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen solchen Anforderungen bekanntlich sehr gut entsprechen. Ich muss endlich bekennen, niemals haben einsehen zu können, wie man darauf verfallen mochte, Stäbchen und Epithelzelle für Doppelzellen zu halten, da man doch weiss, welche grosse Zahl von Stäbchenenden in e i n e r Epithelzelle Platz findet. Wer dies Alles im Widerspruche mit der Entwickelung zu e i n e r Zelle zusammenschweisst, oder an Copulation denkt, hätte passender die Bezeichnung Riesenzelle gewählt.

Wenn es eine Stelle an den Stäbchen gibt, die darnach aussieht, als ob sie einem Verbrauche unterliege, so ist es gewiss die äussere in der Pigmentzelle steckende Kuppe, die niemals so glatt abgeschnitten aussieht, wie *M. Schultze* u. A. sie abbildeten; sondern sich geradezu wie angefressen oder benagt ausnimmt.

Digitized by Google

Hier, wo das Stäbchen mit Pigmentnadeln gespickt ist und um so mehr davon bedeckt wird, je intensiver und dauernder die Belichtung war, dürfte auch ein Angriffspunkt für Reize zu suchen sein. Vielleicht ist es indess nicht einmal nöthig, für alle Fälle die chemische Reizung an das Stäbchen zu verlegen, da der Sinn der scharfkantigen Nadelform des Pigmentes, welche an keinem Wirbelthierauge vermisst wird und wunderbarer Weise ganz vorwiegend den Theilchen zukommt, die nach vorn und in Contact mit den Stäbchen und Zapfen gerathen, auch ein mechanischer sein könnte, insofern das Protoplasma mit solchem Reibmittel bewaffnet, durch seine Bewegungen mechanisch reizend zu wirken vermöchte. So bleibt auch für eine Auffassung Raum, welche eine photochemische Reizung in das Protoplasma der Epithelzellen verlegt, und dann nicht die Stäbchen, sondern die Matrix des Pigmentes für das chemisch gereizte erachtet, und an sehr bekannte Dinge bei auf Licht mit Bewegung reagirenden Zellen, die bekanntlich ausnahmslos pigmentirt sind, anknüpft, ohne auf den physiologisch wohl begründeten Satz zu verzichten, dass nur Licht-Erregungen, welche Stäbchen oder Zapfen treffen, Lichtempfindung auslösen. In diesem Sinne könnte auch das Wandern des Pigmentes zwischen den Stäbchen nach vorn, indem es deren Cylindermäntel reibt, als Sehreiz aufzufassen sein; doch scheinen mir einige Gründe gegen die letztere Annahme zu sprechen und darauf hinzuweisen, dass dieser Vorgang für das Zutreten des Pigmentes zu den weniger nach rückwärts reichenden Zapfen grössere Bedeutung habe. So viel ich sehe, ist diese Hypothese einer mechanischen Stäbchenreizung in keinem Widerspruche mit unseren Kenntnissen vom Sehen, wenn man sie nicht auf den Anfang des Sehactes ausdehnt. Lässt man sie für die Nachwirkungen zu, so bereitet ihr die Langsamkeit der Protoplasmabewegungen kein Hinderniss. Ausser dem Sehpurpur wurde des braunen Pigmentes nur als **eines** der weiteren Sehstoffe des

Digitized by Google

Stäbchens gedacht, weil das Fehlen des Pigmentes bei den Albinos und in dem sehr verbreiteten Tapetum noch andere anzunehmen nöthigt. Wie mit einem Tapetum gesehen werde, wissen wir nicht und an den Albinos bemerken wir nur, dass sie leicht geblendet sind, was rein optische Gründe haben kann. Albinotische Kaninchen nach Erweiterung der Pupillen mit Atropin an die Sonne gebracht (wo die Augen prachtvoll roth funkeln), bis der Sehpurpur geschwunden, betragen sich nach meinen Erfahrungen nicht wie blinde: die Hypothese erfordert da also noch weitere und zwar farblose Sehstoffe. Für das Tapetum der Räuber dürfte der sonderbare Filz erstaunlich feiner und weicher Krystalle im gleichen Sinne Beachtung finden.

Pigmente im Auge sind etwas durch die ganze Thierreihe Verbreitetes, und bei den niedersten Thieren ist es häufig nur das Pigment gewesen, das zur Annahme und Auffindung der Sehorgane geführt hat. Es wird darum immer nützlich sein, das Verhalten der zahlreichen thierischen Pigmente zum Lichte festzustellen, nicht nur in Rücksicht auf das Sehen, sondern auch bezüglich der unverkennbaren Bedeutung farbiger Einschlüsse im Protoplasma für dessen vom Lichte beeinflusste Bewegung. Ueber das Letztere habe ich Untersuchungen begonnen, indem ich gereinigtes braunes Augenpigment theils direct mit Salamanderblut mischte, theils durch Injection in die Venen lebender Frösche an weisse Blutkörperchen verfütterte. Die etwas umständlichen Versuche, über welche ich zu anderer Gelegenheit hoffe ausführlicher berichten zu können, haben einstweilen das Resultat ergeben, dass stark imprägnirte Zellen in hellem Lichte kuglig und bewegungslos werden und nur im Dunkeln oder bei sehr schwachem Lichte, sowie in gelber und rother Beleuchtung Fortsätze treiben oder Ortsveränderungen ausführen. Weisse Blutkörperchen mit wenig Pigment beladen schienen im Lichte dagegen beweglicher zu werden, während an den gewöhnlichen farblosen Zellen des

Digitized by Google

Blutes gar kein Einfluss des weissen, rothen, gelben, grünen oder blauen Lichtes zu bemerken war.

Bezüglich der Lichtempfindlichkeit der Augenpigmente in der Thierreihe mögen hier einige gelegentlich gesammelte Erfahrungen Platz finden.

Bei keinem einzigen Wirbellosen wurde Sehpurpur gefunden und überhaupt keine am directen Sonnenlichte oder in diffuser Tageshelle schnell bleichende Farbe, was in vollkommener Uebereinstimmung mit den Beobachtungen von *Krukenberg* (vergl. ds. Hft. S. 58) ist. Es steht dies zwar im Widerspruche mit der Auffassung, welche kürzlich die Beobachtungen von *Chatin* an Locusta viridissima erfahren haben, wer indess das Original (Compt. rend. 25. Nro. 8 S. 447) liest, wird durchaus nicht den Eindruck empfangen, als ob der Autor von einer lichtempfindlichen Farbe spreche. *Chatin* sagt ganz richtig, dass die Bündel der Sehstäbe von violetschwarzem Pigmente umhüllt seien und gibt ein Verfahren an, die Stäbe mit Alkalien einzeln zu erhalten, worauf man sie von hell lila, bald schwindender Farbe finde, aber er sagt nichts über Unterschiede der Erscheinung im Hellen und im Dunkeln und nicht, was Jeder leicht wird bestätigt finden, dass intensivstes Licht in einigen Stunden an den ohne Alkali behandelten Gruppen der Stäbe gar keine Veränderung des violetten Schimmers erzeugt. Es ist mir auch zweifelhaft geblieben, ob die feinen Stäbe selbst Farbe besitzen, da ich an solchen, die aus der dunklen Pigmenthülle losgelöst waren, nichts davon erkennen konnte, obwohl ich die Präparation des Auges eines 24 Stunden im Dunkeln gehaltenen Thieres vor Natronlicht vorgenommen hatte. Ein solches Präparat mit Sodalösung zerfasert gab eine violette Masse, die ich im Laufe eines sonnigen Vormittags im Hellen so wenig, wie im Dunkeln veränderlich fand. Ob der Sehpurpur den Wirbellosen ohne Ausnahme mangele, lässt sich begreiflich nicht voraussagen, um so weniger, als man

Digitized by Google

es nach Analogie des vereinzelten Vorkommens des Hämoglobins vielleicht ausnahmsweise erwarten könnte. Ich gestatte mir hier die Bemerkung, dass nichts eindringlicher den Werth experimenteller Methoden vor der sogenannten reinen Beobachtung erweist, als die Geschichte des Sehpurpurs. Wer von der Erfahrung einer allgemein verbreiteten, auch bei den Wirbellosen identischen Netzhautfärbung ausging, konnte mit Hülfe der letzteren Methode nur auf den Gedanken kommen, dass etwas Anderes, als Licht, nämlich beschleunigtes Absterben u. dergl. die Ursache des Bleichens einer herausgenommenen Wirbelthierretina sei, statt an das Licht zu denken, wenn er zuvor die bedeutende Haltbarkeit der Farbe an Wirbellosen, wo sie bekanntlich von *Krohn* zuerst gefunden worden, bemerkt hatte.

Ein zerdrücktes Fliegenauge gibt einen carminrothen Fleck mit schwarzer Sprenkelung. Auf Porzellan ausgestrichen, getrocknet und einige Tage partiell besonnt, zeigen sich die dunkel gehaltenen Stellen noch von der Anfangsfarbe und stark unterschieden von den belichteten, aus denen das Roth mehr und mehr verschwindet. Längere Besonnung bleicht das rückbleibende Braun weiter, jedoch auch in dünnen Schichten nicht vollkommen.

Entnimmt man dem Auge des Hummers etwas von dem zwischen den Sehstäben befindlichen schwarzen, zum Violet neigenden Pigmente und malt es in Streifen von verschiedener Deutlichkeit aus, so zeigen auch die blassesten nach monatelanger Besonnung keine Unterschiede gegen dunkel gehaltene Antheile. Die Farbe hat sich mir bis heute, ausser dem reducirten Hämoglobin, als die echteste von allen erwiesen. Ich bewahre ein Milchglasplättchen auf, das damit in allen Abstufungen, vom unscheinbarsten Grau beginnend bemalt ist und nirgends Andeutungen des schwarzen Bandes erkennen lässt, welches sie während des ganzen Sommers unter einem nach Süden gelegenen

Digitized by Google

Oberlichte bedeckt hatte; die Farbe bewahrt also auch die violette Beimischung.

Eine aus vielen Augen von Helix pomatia angetrocknete Reihe zeigt starke Differenzen von dunkel- zu hellbraun, selbst gelb, je nach der vorgenommenen Bedeckung, nachdem sie 4 Wochen belichtet worden. Die Bleichung betrifft jedoch am meisten das diffus in einigem Abstande um die Augen verbreitete Pigment, während die eigentlichen Augenpunkte noch überall ganz dunkel sind. Im Anfange der Belichtung boten die letzteren in sofern Differenzen, als das schwache Violet, das man an den frischen oder wieder aufgeweichten Augen nach guter Zertheilung wahrnimmt, nur im Lichte ausfiel; später verlor sich dasselbe aber auch in den im Dunkeln trocken bewahrten Präparaten.

Da das Crustaceenauge in den Stäben einen purpurnen, freilich sehr langsam am Lichte vergänglichen Farbstoff, ausser dem umhüllenden, überraschend echten enthält, so scheint irgend etwas durch Licht zu Bleichendes in jedem Auge vorzukommen.

Die photochemische Hypothese des Sehens birgt, ich verkenne es nicht, eine Gefahr in sich, die hervorzuheben ist, um ihr im Fortgange der Bearbeitung Beachtung zu verschaffen: es können farbige Bestandtheile der Netzhaut, nur weil sie lichtempfindlich sind, für Sehstoffe genommen werden, während sie in Wahrheit als Absorptionsmittel Bedeutung und nur diese Function haben. An der gelben Farbe der menschlichen Macula haben wir bereits ein Beispiel: dieselbe ist von nicht geringer Lichtempfindlichkeit, aber wegen der ganz gleichmässigen Verbreitung durch die verschiedenartigsten Gewebe der Netzhaut, und wegen ihrer Lage in den vorderen Schichten gewiss nicht zu den Sehstoffen zu rechnen. Verdient der Farbstoff, wie anzunehmen, für das Sehen Beachtung, so geschieht es mit Rücksicht auf die Absorption, welche das Licht daran erleidet, das nachher erst zum Perceptionsapparate gelangt. Dasselbe gilt nach einer

Digitized by Google

sehr verbreiteten Ueberzeugung von den verschiedenfarbigen Oelkugeln der Vogelretina, welche in so merkwürdiger Weise von der gesammten Reihe complementärer Farben grade die Hälfte, und von jedem Paare das weniger brechbare Glied darstellen. Eminent farbensinnigen Geschöpfen eigenthümlich und in der Klasse nach *Schultze's* Entdeckungen am Eulenauge ausnahmsweise zurücktretend, selbst fehlend, grade da, wo der Farbensinn unnöthig wird, muss man glauben, dass ihnen besondere Bedeutung für die Unterscheidung der Farben zukomme. Will man sich das Ideal dieses Vermögens vorstellen, so muss man, abgesehen davon, dass es Geschöpfe geben könnte, die das Spectrum nach beiden Richtungen länger sähen, als wir, fordern, dass nicht allein kleine Veränderungen der Wellenlänge des objectiven Lichtes möglichst grosse Abstufungen der Empfindungsqualität erzeugen, sondern dass auch sehr grosse Intensitäten des monochromatischen Lichtes noch gesättigte Farbenempfindung auslösen, und dass endlich polychromatisches Licht innerhalb weiter Intensitätsgrenzen das Sinnesorgan so errege, dass möglicht viele und kleine Aenderungen in der Mischung herausempfunden werden. Wie schlecht das menschliche Auge dem entspricht, wissen wir aus dem leichten Uebergange gewisser Farben bei steigender Intensität zu Weiss: unsere Macula schützt uns nicht, intensiveres spectrales Violet weisslich zu sehen, obwohl sie kaum einen andern Sinn haben kann, als den der Absorption kurzwelligen Lichtes, und oft habe ich es erfahren, dass ich mässig gefärbte Objecte in grellem Sonnenlichte, in welchem der Vogel gern verweilt und findet, was er sucht, trotz abgewandter Kopfstellung für vollkommen farblos und gebleicht hielt, bis ein Schritt mit dem Gegenstande in den Schatten mich über die Farbe sogleich und schlagend belehrte. Um gegen solche Unvollkommenheiten Abhülfe zu schaffen, kann es kein besseres Mittel geben, als Dämpfung, und wenn ich auf die Intensität des farbigen

Digitized by Google

Eindruckes nicht verzichten will, muss der Dämpfer farbig sein, aber für die auf die einzelnen objectiven Farben eingerichteten Perceptionsorgane verschiedenfarbig.

Wir wir nur eine Stelle in der Netzhaut besitzen, welche unsere Zapfen einigermaassen vor übermässiger Einwirkung des im Allgemeinen chemisch wirksamsten kurzwelligen Lichtes schützen, so ist nach *Schultze*'s bekannter Entwickelung die Vogelnetzhaut mit einer Zahl solcher grossen Maculae ausgestattet mit dem weiteren Vorzuge jedoch, dass ausser dem Violet und Blau auch das Grün von einigen stark angedämpft wird, und je nach Bedürfniss an den einzelnen Fleckchen in verschiedenem Grade. Dies Alles ist für die Zwecke des Sehens der Vögel so verständlich, dass die Function der Farbstoffe als Absorbenten kaum in Frage zu stellen ist. Dieselbe schliesst jedoch ihre Bedeutung als Sehstoffe, welche damit combinirt sein könnte, nicht aus, ja man kann um so mehr auch an diese denken, weil die Farbkugeln in den Sehzellen liegen. Der dem Sehpurpur gegenüber ausserordentlich geringe Grad von Lichtempfindlichkeit würde nach den beim schwarzen Pigmente ausgeführten, noch geringere Zersetzlichkeit in Betracht nehmenden Erörterungen, der Annahme kein Hinderniss bereiten, aber die vorgenannten Blendungsversuche, welche eher Vermehrung, als Verminderung der Farbstoffe ergeben, scheinen anderer Auffassung das Wort zu reden. Ich habe jene Blendungen auch mit eingeschalteten blauen und grünen Gläsern vorgenommen und ungefähr dieselben Resultate erzielt, wie mit weissem Lichte, sicherlich niemals Abblassen irgend einer der Zapfenfarben. Gleichwohl halte ich die Thatsache nicht für entscheidend, da der lebhafte Stoffwechsel des Vogels dem Gedanken Raum lässt, dass einer gesteigerten Zersetzung übermässige Restitution folge. Es gibt aber eine andere, der Auffassung unserer Pigmente als Sehstoffe ungünstige Ueberlegung, indem man sich fragt, wozu das Vogelauge noch die grosse Zahl nicht mit farbi-

Digitized by Google

gen Dämpfern versehener Zapfen habe. Soll diese weitaus überwiegende Zahl ausschliesslich die Perceptionsorgane für das von den mit Farbkugeln versehenen Zapfen ausgeschlossene, andersfarbige Licht vorstellen, oder soll ihre Erregung zu denselben Empfindungsqualitäten führen, wie die der Stäbchen? Da die Vogelnetzhaut ausserdem noch Stäbchen besitzt, so ist es kaum glaublich, dass auch nur ein Theil dieser Zapfen keine Farbenzellen vorstelle, vielmehr ist anzunehmen, dass sie es seien, welche dem Vogel auch in der Dämmerung die Farben zu unterscheiden gestatten, wozu die andern schlecht taugen würden. In den Fettpigmenten der Zapfenkugeln Sehstoffe voraussetzen, hiesse daher den Aussengliedern zwei Sehstoffe für einen Zweck zuschreiben, eine Annahme, die des Guten zu viel enthält. Es ist Nichts gegen die Annahme verschiedener farbloser Sehstoffe in den zur Vermittlung verschiedenfarbiger Empfindung dienenden, verschiedenen Zapfen einzuwenden, und es wird deren gewiss in den betreffenden Aussengliedern so viele geben, als Grundfarben zu zählen sind, aber es ist gegenwärtig kein Anlass weitere Complicationen zu schaffen, von denen die fernere Untersuchung Erschwerung zu befürchten hätte.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 7.

Fig. 1. Retina vom Frosche, *A* von hinten, *B* von vorn gesehen, *Hartnack* X. 3. Sehweite 18 cm. Mit dem Zeichenprisma copirt, indem bei sehr mässigem Licht erst die grünen Stäbchen schnell mit farbiger Kreide aufgenommen, später die inzwischen entfärbten purpurnen mit der Bleifeder eingetragen wurden. Das Präparat entspricht einem centralen Netzhauttheile. (In Fig. 1 *A* und 2 *A* sind die vom Lithographen nach Art gewöhnlicher Kreisschatten an den Stäbchenkuppen ausgeführten Linien nicht der Natur und der Originalzeichnung getreu nachgebildet; dieselben sind in Wahrheit unregelmässiger und vielfach geknickt.

1 *A*, *a* purpurne, *b* grüne Stäbchen, die Zwischenräume pigmentfrei, aber sehr dunkel; Zapfen sind darin wegen der Einstellung auf das hintere

Digitized by Google

Stäbchenende nicht zu sehen; die grünen Stäbchen ragen immer etwas weiter nach hinten, als die übrigen; *d* Stäbchen mit flachen, scheibenförmigen Auflagerungen, oder im Aufblättern begriffen, *e* kuglige myelinartige Körper.

1 *B*, *a* purpurne Stäbchen, *b* kleine lichte Kreise, den Fäden der *Schwalbe*'schen, grünen (*Boll*) Stäbchen entsprechend, *c* Zapfen, ohne Färbung, aber im (von hinten) durchfallenden Lichte dunkel. Unter den grösseren dunklen Mosaikstücken entsprechen einige auch Stäbchen (links unten), deren Aussenglieder im Präparate schief stehen.

Fig. 2. *A* und *B*, Retina von Salamandra maculosa. Vergrösserung und Bezeichnung wie in Fig. 1. Grüne Stäbchen und die denselben entsprechenden Kreise (b. Fig. 1) fehlen gänzlich. *f f* Doppelzapfen.

Tafel 8.

Fig. 1. 1 *A*, 1 *B*, Retina mit dem Pigmentepithel eines besonnten Frosches von hinten betrachtet. *Hartnack* VIII. 3, 18 cm. 1) Einstellung auf die oberste Ebene. Die gelben Fettkugeln liegen tiefer und haben darum verwaschene Grenzen: *a a* glänzende, farblose, in Galle lösliche Klümpchen; *b b* Kerne. Zwischen den Epithelien sind keine hellen Kittleisten zu sehen.

1 *A*, tiefere, mittlere Einstellung auf die Höhe der meisten Fettkugeln. Die farblosen Klümpchen und die Kerne werden nicht mehr gesehen, dagegen taucht viel schwarzes Pigment, besonders an den Rändern der Zellen auf.

1 *B*, tiefste Einstellung auf die Kuppen der Stäbchen; die Fettkugeln sind nur als diffuse gelbe Flecke zu erkennen. Das schwarze Pigment bedeckt manche Stäbchenenden ganz oder theilweise.

Fig. 2. Retina mit Epithel von einem roth belichteten Frosche. Vergrösserung wie in Fig. 1, tiefste Einstellung. Man sieht im Areale jeder Pigmentzelle ungefähr 1 grünes Stäbchen; dieselben erscheinen in solchen Objecten auffallend intensiv blaugrün.

Fig. 3. Mit dem Pigmentepithel abgezogene Retina eines belichteten Frosches. Ansicht von vorn. *a* Zapfen, *b* hinten mit Pigment stark bedeckte Stäbchen. Die übrigen den Stäbchen angehörigen Figuren sind dunkel- bis hellgrau, je nach der Anhäufung des Pigmentes unter ihren Enden. *c* entspricht den *Schwalbe*'schen Stäbchen. *d* blassgelbe, diffus begrenzte Flecke, von der Farbe der Fettkugeln des Epithels durchschimmernd.

Fig. 4. Frisch isolirte Pigmentzellen der Froschretina. *a a* die farblosen in Galle löslichen Klümpchen. *b* Kern.

Fig. 5. Retina vom Dunkelfrosch bei schwächerer Vergrösserung von hinten gesehen; Einstellung auf die Zapfen *a*, in dunklem, aber ganz pigmentfreien Grunde.

Fig. 6. Retina von einem zwei Stunden besonnten Frosche. Vergrösserung wie in Fig. 5. Die gebleichten Stäbchen sind dicker, die Zapfen, wie es nach starker Belichtung und trotz Entfernung des Pigmentes häufig vorkommt, auch bei tiefer Einstellung nicht zu erkennen.

Digitized by Google

Zur Geschichte des Hämoglobins der Muskeln.

Das erhöhte Interesse, welches die Färbung der Muskeln seit den neuerdings bemerkten grossen physiologischen Unterschieden rother und weisser Muskeln erregt, macht es wünschenswerth, die aus einer Kette sonderbarer Missverständnisse entstandenen Zweifel an der von mir gefundenen Uebereinstimmung des Muskelfarbstoffes mit dem des Blutes zu beseitigen.

Hatten *Ranvier*'s und *E. Meyer*'s (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1875, S. 217) Mittheilungen über die Bewegungsweise des rothen M. semitendinosus und des weissen M. adductor magnus, oder des vastus int., noch Bedenken gelassen, so ist jetzt durch die Arbeit von *Kronecker* und *Stirling* (l. c. 1878, S. 1) festgestellt, dass der rothe Muskel bei geringerer Reizfrequenz in continuirlichen Tetanus übergeht, als der weisse, dass seine Zuckung dreimal länger dauert, langsamer ansteigt und abfällt, als die des weissen, und dass das Stadium der latenten Reizung des ersteren die des anderen um das 4fache übertrifft. *Ranvier's* Angabe, dass die Contraction des rothen Muskels sich derjenigen glatter Muskelfaserzellen annähere, ist damit sicher gestellt.

Ohne auf die Frage eingehen zu wollen, ob diese Unterschiede für sämmtliche roth oder nicht gefärbten Muskeln gelten, was *E. Meyer* bezweifelt, und ohne darauf eingehen zu können, ob die weiteren von *Ranvier* angeführten Unterschiede der Gefässversorgung, des Baues, des Reichthums und der Lage der Kerne, durchgreifend seien, was *E. Meyer* ebenfalls verneint, wünsche ich nur der Beschaffenheit des Farbstoffes Anerkennung zu verschaffen, und überlasse es anderen Untersuchungen, festzustellen, ob dieselbe für die Contractionsweise der gefärbten Muskeln belangreich sei.

Seit meiner Beobachtung der Beständigkeit der Farbenunterschiede in der Kaninchenmuskulatur, nach Entfernung des Blutes mittelst Injection sog. physiologischer NaCl-Lösung, und dem Nachweise, dass nur die im Leben rothen Muskeln hämoglobinhaltige Extracte liefern (*Virchow*'s Arch. 33, S. 79), gehen ausser manchen bestätigenden, einige widersprechende Angaben darüber durch die physiologische Literatur, die ihrer Beharrlichkeit wegen nicht mehr zu umgehen sind. *Brozeit* hatte (*Pflüger*'s Arch. III., S. 361) unter Berufung auf eine Untersuchung von *Prussak* eingewendet, dass die Ausspülung mit Salzwasser Auflösung der rothen Blutkörperchen und Uebergang des Hämoglobins aus den Gefässen in die Muskelsubstanz verursache. Da aber nur bestimmte, nicht alle Muskeln roth gefunden werden, sollten die Verblutungskrämpfe auf jenen Uebergang Einfluss haben und nur die daran

Digitized by Google

theilnehmenden Muskeln den Farbstoff aufnehmen. Ob jene Muskeln wirklich nur oder vorzugsweise von den Krämpfen befallen werden, wurde nicht untersucht.

Nach dieser Meinung wäre das rothe Fleisch im Leben weiss, und *Brozeit* zweifelt nicht, dass man es unter Vermeidung der Verblutungskrämpfe durch Curare und künstliche Athmung am blutfreien Kaninchen überall so finden werde. Ausserdem wendet *Brozeit* ein, dass *Gscheidlen* grössere Unterschiede im Hämoglobingehalte des Fleisches gefunden habe, als er mit der wechselnden Zusammensetzung lebender Muskelsubstanz vereinen könne. Einigermassen bestätigt endlich fand *Brozeit* seine Erwartungen, als es ihm nicht gelingen wollte, aus der Muskulatur eines nicht, wie er gewünscht hätte, mit Curare, sondern durch Aetherathmung beruhigten Kaninchens nach einer von ihm geübten Methode so viel Hämatin darzustellen, dass er es wägen konnte.

Ich habe diese Angaben bisher auf sich beruhen lassen, weil ich die Bekanntschaft mit der auch im Leben vorhandenen Verschiedenfarbigkeit des Fleisches einzelner Thiere zu den allergewöhnlichsten Kenntnissen zählte, und weil ich glaubte, dass der Anblick eines in der Curarelähmung nach längerer künstlicher Respiration verbluteten Kaninchens, den sich *Brozeit* versagte, in jedem Laboratorium zu häufig sei, um Jemanden bei dem Gedanken zu lassen, dass die constante Röthe ganz bestimmter, zum Theil mitten in weissem Fleische gelegener Muskeln irgend etwas mit Verblutungskrämpfen zu schaffen habe. Dass *Brozeit* den rothen Muskeln noch irgend einen andern Farbstoff zuschreibe, vermag ich um so weniger zu erkennen, als der Autor den postmortalen Uebergang des Hämoglobins aus den Gefässen in die Muskelsubstanz gerade aus der rothen Farbe folgert, und als er beiläufig gewiss bemerkte, was ebenfalls zu den verbreitetsten Erfahrungen gehört, dass die rothen Kaninchenmuskeln durch alle zur Extraction geeigneten Mittel vollkommen entfärbt werden, während im Extracte kein anderer Farbstoff, als das Hämoglobin enthalten ist. Wer rothes Fleisch gewaschen hat, weiss, wie es sich entfärbt und kennt aus der Untersuchung der Fleischflüssigkeit die nur vom Verhalten des Hämoglobins angezeigten Wege zur Entfärbung auch der letzteren. Dass das Fleisch mancher Thiere (Fische u. s. w.) noch von etwas Anderem gefärbt sein könne, braucht bei dieser Gelegenheit kaum gesagt zu werden, ebensowenig, dass manchen hämoglobinhaltigen Muskeln auch andersfarbiges Fett in kleinen Mengen zukomme; dass aber irgend ein anderer Stoff in beachtenswerther Menge, oder von identischem Aussehen mit dem des Fleisches, der sich nicht wie Hämoglobin verhielte, an der gemeinen Fleischfarbe betheiligt sei, wird Niemand behaupten dürfen.

Da *Brozeit's* Erwägungen dennoch so viel Zustimmung, die mit Namen zu belegen ich gern vermeide, gefunden haben, wäre noch der Berufung auf *Prussak's* Experimente über Diapedesis rother Blutkörperchen, unter dem Einflusse des NaCl, sowie des so ersehnten Versuches am curarisirten

Digitized by Google

Kaninchen, zu gedenken. So viel ich sehen kann, beziehen sich *Prussak*'s Angaben (Wien, Akad. Stzsb. 1867, I. S. 12) nur auf überreichliche Mengen starker Lösungen, oder des festen Salzes; der daraus abgeleitete Einwand gegen den Gebrauch der nur $^1/_2$—$^3/_4$ pCt. NaCl enthaltenden physiologischen Salzlösung ist also kaum ernsthaft zu nehmen. Ich habe indess auch Kaninchen damit ausgespritzt, deren Muskeln sämmtlich durch Strychnin in Tetanus versetzt waren, und in andern Fällen nach Vergiftung mit Curare, während der Injection, die Muskeln einer hinteren Extremität so lange mit Inductionsschlägen tetanisirt, als sie reagirten, und, wie zu erwarten, nicht gefunden, dass die weissen Muskeln darnach farbig, die rothen röther, oder reicher an Hämoglobin geworden wären. Endlich muss denn wohl noch ausdrücklich hinzugefügt werden, dass sich die Muskulatur eines mit Curare vergifteten, künstlich athmenden Kaninchens nach der Salzspülung gar nicht unterschied von derjenigen eines ohne Lähmung verbluteten und ausgespülten, und dass die wässrigen Extracte der rothen und weissen Muskeln in beiden Fällen dieselben Unterschiede zeigten.

Um den Hämoglobingehalt des Fleisches festzustellen, ist es übrigens nicht einmal nöthig, das Blut vollkommener aus den Gefässen zu entfernen, als es beim Verbluten und Ausschneiden der Muskeln geschieht; man kann die Salzwasserinjection ganz unterlassen und damit alle Einwände, zu denen Jemand noch Musse fände, umgehen. Man halte zwei beliebige rothe und weisse Muskeln eines wie immer geschlachteten Kaninchens übereinander in's objective Spectrum und man wird nur an dem ersteren die Verdunklung zwischen *D* und *E* finden, die dem Blute eigenthümlich ist, in günstigen Fällen sogar die beiden Streifen des O-Hämoglobin. Besser und von schlagender Deutlichkeit erzielt man die gewohnten Absorptionsbänder, wenn man ein Spectroskop im verdunkelten Zimmer auf das Präparat richtet und ein Bündel intensiver Sonnenstrahlen unter geeignetem Winkel darauf fallen lässt. Man kann auch die Muskeln fein zerschneiden, oberflächlich abspülen und abpressen, auf eine mattschwarze Fläche ausbreiten, das Strahlenbündel darauf richten, und mit Hülfe einer Linse ein reelles verkleinertes Bild davon vor dem Spalt des Spectralapparates entwerfen, worauf man das Hämoglobin-Spectrum so sieht, als ob eine Lösung des Blutfarbstoffs davor stände. Alles dies trifft nur bei den rothen, nicht bei den farblosen Muskeln zu, obwohl man in den Gefässen beider noch Blutkörperchen finden kann. Die Methode hat eben den Vortheil, Licht auf einmal zur Untersuchung zu bringen, das von einer grösseren Oberfläche aus sehr geringer Tiefe reflectirt worden, und kaum beeinflusst werden kann durch die wenigen sehr zerstreut und grösstentheils zu tief liegenden Körperchen des Blutes. Spannt man flache Muskeln vor dem Spalte des Apparates aus, so hat man dieselben bekanntlich sehr zu berücksichtigen, weil immer nur ein schmaler Muskelstreif als Absorbent wirkt, bei dem eine mitlaufende bluthaltige Capillare von grossem Einflusse ist. Da *Ranvier* in den rothen Muskeln kleine Capillaraneurismen bemerkte und der Gefässreichthum in diesen Muskeln

Digitized by Google

überhaupt grösser sein könnte, so dass darin mehr Blut und mehr Bluthämoglobin zurückbliebe, so ist auf das schöne Spectrum der zerhackten und mit dünner Salzlösung leicht abgespülten Muskeln, die ohne Frage ärmer an Blutkörperchen sind, als die nicht gewaschenen weissen, welche gleichwohl gar keine Absorptionserscheinungen geben, besonderes Gewicht zu legen, und zu erwarten, dass es fernere Versuche, den Hämoglobingehalt der Muskeln für ein Kunstproduct auszugeben, verhüte.

W. K.

Literatur

zu Herrn Holmgren's Mittheilung S. 81.

F. Holmgren: Om Synpurpurn och retinaströmmen. Ups. Läk. Förh. XIII. Heft 8.

Derselbe: über Opticusdurchschneidung, l. c. XI. S. 231.

Derselbe: über Irisbewegungen, l. c. XI. S. 476.

J. G. Edgren: über Irisbewegung, l. c. XI. S. 185.

Digitized by Google

Zur Histologie der Nervenfaser und des Axencylinders.

Von

Dr. Th. Rumpf,

Assistenzarzt der electro-therapeut. Station in Heidelberg.

Durch die methodische Verwendung der Verdauung zu histologischen Zwecken durch *Ewald* und *Kühne*[1]), hauptsächlich auf Grund des von *Kühne* aus dem Pankreas dargestellten Enzyms, des Trypsins, sind unsere Kenntnisse der nervösen Gewebe um mehrere unerwartete und äusserst wichtige Resultate bereichert worden.

Zunächst befestigten diese Untersuchungen wieder die Annahme, dass die Hülle der Nervenprimitivfaser dem Bindegewebe zugehört, während innerhalb derselben noch ein weiteres epitheliales Scheidensystem nachgewiesen wurde. Die genauere Erkenntniss dieses letzteren gab zugleich in Betreff des Nervenmarkes und seiner Hüllen wichtige Aufklärungen, und es ist diese letztere Thatsache um so erfreulicher, als erst mit der genaueren Einsicht in die bis jetzt vielfach so unklaren Markhüllen erwartet werden konnte, dass der wichtigste Theil der Faser, der Axencylinder der Untersuchung leichter zugänglich sein werde, als dieses seither der Fall gewesen.

---

[1]) *Ewald* und *Kühne:* Ueber einen neuen Bestandtheil des Nervensystems; Verhandlung. des naturhistor.-medicin. Vereins zu Heidelberg. Neue Folge, Bd. I, Hft. 5.

Digitized by Google

Diesen wichtigen Errungenschaften durch die Verdauungsmethoden waren schon vorher einige auf anderem Wege erhaltenen Resultate vorausgegangen, die ebenfalls unsere Kenntniss des Markes und seiner Struktur wesentlich förderten.

So beschrieben *Schmidt*[1]) und *Lantermann*[2]) Einkerbungen der Markhülle, die von Strecke zu Strecke als eine Art Einschnitte schief zur Faseraxe verlaufen.

Lantermann glaubt auf Grund seiner durch Osmiumbehandlung gewonnenen Präparate die Nervenfaser aus einzelnen Abtheilungen zusammengesetzt, die in der Art mit einander verbunden seien, dass das stumpfkegelförmig zulaufende Ende der einen Abtheilung in eine entsprechende Aushöhlung der folgenden oder vorausgehenden passe, ohne dass diese Anordnung jedoch stets regelmässig oder in gleicher Weise statthabe. Bestätigt und weiter ausgeführt wurden diese Angaben *Lantermann*'s von *Kuhnt*[3]), der ausserdem die Meinung vertritt, dass auch an diesen Einkerbungen eine stärkere Diffussion in das Innere der Faser möglich sei, indem es ihm gelang, vermittelst der Argentum-nitricum-Lösung Fasern zur Beobachtung zu bringen, deren Axencylinder nicht allein an Stelle der Schnürringe *Ranvier*'s, welche dieser hauptsächlich für Diffussion und Stoffumtausch in Anspruch nimmt, sondern auch an Stellen, welche den in Rede stehenden Einschachtelungen des Markes entsprachen, stärker braun gefärbt waren.

Auch *Key* und *Retzius* haben diese Einkerbungen der Markscheide vor Augen gehabt, und geben in ihrem grossen Werke Abbildungen davon. Doch halten sie dieselben für Kunstproducte, ebenso *Hennig*[4]), der sie als Folge einer vorhandenen Neigung des Markes zur Spaltbarkeit betrachtet. Erwähnen muss ich noch, dass

---

[1]) *Monthly*, mikroskop. Journ. 1876.
[2]) Archiv für mikroskop. Anatomie, Bd. XIII.
[3]) Archiv für mikroskop. Anatomie, Bd. XIII.
[4]) Die Einschnürung. u. Unterbrech. d. Markscheide. Diss. Königsbg., 77.

Digitized by Google

Lantermann ausserdem aus seinen Osmiumpräparaten den Schluss zog, dass das Nervenmark aus stäbchenförmigen Elementen aufgebaut sei, die geneigt in radiärer Richtung vom Axencylinder zum Neurilemm verlaufen sollten. Dieselbe Stäbchenstructur des Markes wurde von *Mc'. Carthy* [1]) beschrieben. Doch schlossen sich weder *Kuhnt* noch *Key* und *Retzius*[2]) dieser Ansicht an; auch sie erhielten ähnliche Bilder, wie *Lantermann*, konnten sich aber von der Præexistenz dieser Stäbchen nicht überzeugen. *Kuhnt* führt aus, dass der optische Querschnitt der Stäbchen je nach der Anwendungsweise und Concentration der Osmiumsäure bald grösser, bald kleiner sei und glaubt, dass es sich nur um eine Färbung von postmortal entstehenden mehr oder weniger grossen Fettkügelchen handle.

Als einen weiteren Fortschritt in der Erkenntniss der sogenannten Markhüllen müssen wir ferner den bestimmten Nachweis einer Axencylinderscheide durch *Kuhnt* bezeichnen. Allerdings war schon *Remak* auf der Naturforscherversammlung zu Wiesbaden, als er seine Angaben über den Axencylinder, sein Primitivband, erweiterte, für die Existenz einer früher nur geahnten Scheide des Axencylinders eingetreten. *Hannover*[3]), *Mauthner*[4]), *Frommann*[5]) traten ebenfalls für dieses Gebilde auf.

Entscheidende Beweise für die Existenz der Scheide des Axencylinders brachte erst *Kuhnt* bei, indem es ihm gelang, durch Maceration von frischen Fasern in Salpetersäure Axencylinder darzustellen, an denen die Bruchenden sich dadurch auszeichneten, dass eine Membran um den herausragenden Axencylinder gefaltet

---

[1]) *Quarterly*. Journ. mikr. Sc. 1875.
[2]) Studien in der Anatomie d. Nervensystems u. d. Bindegewebes.
[3]) Recherches mikroskop. sur le système nerveux. Copenhague.
[4]) Beiträge zur näheren Kenntniss d. morphol. Elemente d. Nervensystems. Wien 1862.
[5]) Zur Silberfärbung des Axencylinders, Archiv für patholog. Anatom. und Physiol., Bd. XXXI.

Digitized by Google

war. In einer spätern Mittheilung erweiterte er dann seine Angaben über die Scheide des Axencylinders dahin, dass von ihr ausgehend und mit ihr verwachsen eine Membran zur *Schwann*'schen Scheide ziehe, die als Scheidewand zwischen je zwei Hohlcylindern des Markes ausgespannt sei.

Ob diese Zwischenmarkscheide *Kuhnt*'s die ganze Peripherie der Faser umfasst, geht aus der Mittheilung nicht deutlich hervor. Doch scheint die Ansicht, dass sie als Scheidewand der angeblich kegelförmig ineinander passenden Hohlcylinder des Markes ausgespannt sei, für die Anschauung einer vollständig um die ganze Peripherie gehenden trennenden Membran zu sprechen.

Die Einkerbungen der Markscheide wurden, wenn auch keineswegs in dem von *Kuhnt* beschriebenen Detail von *Boll*[1]) bestätigt, dem zur Zeit seiner erst vor Kurzem erschienenen Arbeit nur die *Schmidt*'schen Untersuchungen und die vorläufige Mittheilung *Lantermann*'s, sowie die ersten Ausführungen von *Key* und *Retzius* vorlagen. *Boll* hält die Einkerbungen der Markscheide, wie *Schmidt* und *Lantermann* für wirklich vorhandene Gebilde und nicht für Kunstproducte. Aber es kann sich nach seiner Schilderung hier nicht um vollständig um die Peripherie gehende membranöse Unterbrechungen der Markscheide handeln, da es ihm gelang, an Nervenfasern, welche in destillirtem Wasser zerzupft waren, Strömungen des Nervenmarks zu beobachten, das in zähflüssiger „schaumiger“ Masse sich innerhalb der Scheiden ergoss, nirgends einen beträchtlichen Widerstand antraf, ja selbst an dem *Ranvier*'schen Schnürring kein wesentliches Hinderniss fand, sondern sich wie eine flüssige Masse vor dem Ring aufstaute, dann aber in beschleunigtem Fluss durch das verengte Strombett desselben hindurchgetrieben wurde.

---

[1]) Ueber Zersetzungsbilder der markhalt. Nervenfaser, Arch. f. Anatom. u. Physiol., 1877.

Digitized by Google

Leider hat *Boll* die theilweise länger als Jahresfrist früher erschienenen Arbeiten von *Kuhnt*, *Ewald* und *Kühne*, *Key* und *Retzius* nicht mehr berücksichtigt. Nothwendiger Weise folgen hieraus einige Irrthümer, welche sich bei Berücksichtigung der früheren Arbeiten hätten vermeiden lassen. Auf einige Einzelheiten in dieser Beziehung werde ich später noch zurückkommen müssen. Zu erwähnen bleibt mir hier nur noch, dass *Boll* wesentlich aus theoretischen Betrachtungen auf das Vorhandensein der schon früher nachgewiesenen Axencylinderscheide schliesst.

Eine allerdings wesentlich auf eigene Beobachtungen gestützte Zusammenstellung unserer Kenntnisse über die Nervenfaser bringt *Ranvier* in seinen „Leçons sur l'hystologie du système nerveux". Bis auf die *Ewald-Kühne*'sche Mittheilung über die Hornscheiden sind die hauptsächlichen neueren Arbeiten berücksichtigt. Bei der Menge des Stoffes ist es natürlich nicht möglich, an dieser Stelle ein Referat über jenes Buch zu geben; auf einzelne Angaben werde ich jedoch später zurückkommen müssen. Ausführliche Berücksichtigung haben die Markhüllen gefunden, wobei *Ranvier* Bilder erhielt, welche mit denen von *Schmidt*, *Lantermann*, *Kuhnt* theilweise übereinstimmen.

Allen diesen Bildern, die sich bei der Untersuchung der Structurverhältnisse des Marks auf verschiedenem Wege ergaben, lagen wohl zum grossen Theil einzelne Abschnitte der erst durch *Ewald* und *Kühne* in ihrem ganzen Zusammenhang nachgewiesenen Scheiden zu Grunde.

Den beiden Forschern gelang es nämlich, durch eine Reihe neuer Untersuchungsmethoden innerhalb der *Schwann*'schen Scheide ein neues Scheidensystem nachzuweisen, das aus zwei ineinander gesteckten Röhren besteht, von welchen die äussere das Mark gegen die *Schwann*'sche Scheide abschliesst, während die innere den Axencylinder umhüllt. Zwischen diesen beiden Scheiden, innerhalb deren sonach das eigentliche Mark gelagert ist, waren

Digitized by Google

noch aus demselben Material bestehende Verbindungsglieder ausgespannt, die, wie sich an Querschnitten von peripheren Nerven und den weissen Strängen des Rückenmarkes nachweisen liess, von Strecke zu Strecke als eine Anzahl Balken von der innern zur äussern Scheide zogen. In ihrem chemischen Verhalten zeigten diese Scheiden bei der Untersuchung vermittelst der Verdauungsmethoden eine grosse Aehnlichkeit mit verhornten Epithelien und Hornsubstanz überhaupt, wesshalb *Ewald* und *Kühne* die bei der Verdauung übrigbleibenden scheidenartigen Gerüste als Hornscheiden bezeichneten.

Wie ich schon oben angeführt habe, war diese Einsicht in die Structur des Markes für die Untersuchung des Axencylinders von grosser Bedeutung. Speziell musste durch den sichern Nachweis und die jetzt wesentlich erleichterte Unterscheidung der Axencylinderscheide der Axencylinder sicherer differenzirt werden können, als es bisher möglich war, und es schien auf Grund dieser Ergebnisse die Frage nicht ungerechtfertigt, ob alle die verschiedenen, als Axencylinder beschriebenen Gebilde, die sich nicht nur durch ihre Structur, sondern auch durch ihren Breitendurchmesser im Verhältniss zu den übrigen Theilen der Faser ganz wesentlich unterscheiden, in Wirklichkeit als gleichwerthige Gebilde, als der unter der Einwirkung von Reagentien nur mehr oder weniger veränderte Axencylinder betrachtet werden können.

Es fiel diese Frage zum Theil zusammen mit dem Studium der chemischen Beschaffenheit des Axencylinders, über deren Bedeutung für unsere Kenntnisse der Function der Nervenfaser ich wohl nichts hinzuzufügen brauche.

Dass der eigentlichen Untersuchung des Axencylinders Vorarbeiten über das Mark und sein Verhältniss zum Axencylinder vorausgehen mussten, ist selbstverständlich.

Ich kann mich in der Wiedergabe dieser Untersuchungen kurz fassen, da Ausführliches darüber von *Ewald* und *Kühne*

Digitized by Google

demnächst erscheint, und werde daher auf jene Darstellungsmethoden der Scheiden nur so weit eingehen, als es für die spätere Untersuchung des Axencylinders nothwendig ist.

Dagegen kann ich einige andere Methoden zum Studium der Nervenfaser mit Inbegriff des Markes nicht ganz übergehen, da dieselben für die Untersuchung des Axencylinders ebenfalls in Betracht kommen.

Ich werde daher erst in einem weiteren Theil zum Studium dieses Letzteren selbst übergehen.

Der Nachtheil, dass einzelne Wiederholungen durch diese Trennung nicht immer umgangen werden können, dürfte dadurch aufgewogen werden, dass wir mit Rücksicht auf das Vorhergehende im zweiten Theil die Scheiden mehr unbeachtet lassen können, und so für die Untersuchungsmethoden des Axencylinders eine gewisse Uebersicht gewinnen.

Vorausschicken muss ich noch, dass im Folgenden hauptsächlich der periphere markhaltige Nerv berücksichtigt wurde, wenn auch eine vergleichsweise Heranziehung der weissen Stränge des Rückenmarks hie und da nothwendig war.

Benutzt wurde zum Studium meistens der Nervus ischiadicus von Rana esculenta. Doch wurden auch Nerven vom Kaninchen, Ochsen und Menschen zum Vergleich herangezogen, was an den betreffenden Stellen erwähnt wird.

Zur Untersuchung der weissen Stränge diente das Rückenmark vom Ochsen und Menschen.

Die Scheiden des Markes.

Auf die Behandlung der Nervenfasern mit Alkohol und Aether brauche ich nur insoweit einzugehen, als es zur Sichtbarmachung des Axencylinders in den Scheiden für spätere Untersuchungen und zum Vergleich mit den Resultaten anderer später folgender Methoden nothwendig ist.

Digitized by Google

Um mit diesen Reagentien die Fette des Markes zu entfernen, wurden Nerven nach 24stündigem Liegen in Alkohol in diesem auf dem Wasserbade erhitzt und 10—15 Minuten in Siedetemperatur erhalten. Nach der Abkühlung wurden sie in der Regel 24 Stunden mit Aether behandelt.

Zur Untersuchung mit Hämatoxylin gefärbt, zeigte die Faser der *Schwann*'schen Scheide anliegend die beschriebene äussere weitmaschige Hülle und innerhalb dieser einen ziemlich schmalen blau gefärbten axialen Faden ohne Varikositäten und Verengungen von etwas körnigem Aussehen, der alle Biegungen und Krümmungen der Faser möglichst vermeidet und so bald der einen, bald der anderen Seite der äusseren Scheide anliegt. Einzelne Zwischenbalken lassen sich auch an diesem Präparat von der äusseren Scheide zum Axencylinder verfolgen.

Eine Differenzirung der inneren Scheide ist bei dieser Methode nicht möglich, da wir in dem blau gefärbten Strang den Axencylinder sammt seiner Scheide vor uns haben. Der zwischen dem centralen Gebilde und der äusseren Scheide liegende Hohlraum, aus welchem das Mark entfernt ist, zeigt keine Unterbrechung seines Lumens. Auch an den *Ranvier*'schen Schnürringen ist eine solche nicht vorhanden. Hier erleidet die äussere Scheide eine Einknickung, ohne dass jedoch eine vollständige Abschliessung des Hohlraumes für das Mark daraus resultirt.

Die Zwischenbalken erweisen sich auf Querschnitten als einzelne feinere Balken, von welchen von Strecke zu Strecke in der Regel drei von dem inneren Gebilde zu der äusseren Scheide ziehen.

Durch Verdauung des Axencylinders lässt sich an dem inneren Gebilde die den Axencylinder umhüllende Scheide leicht darstellen, wie dieses von *Ewald* und *Kühne* genauer ausgeführt ist. Bei dieser Verdauung bleibt auch von der äusseren, das Mark gegen die *Schwann*'sche Scheide abschliessenden Hülle und den Zwischenbalken ein mehr oder minder grosser Theil er-

Digitized by Google

halten. Es widersteht dieser der Verdauung mit Pepsin und Trypsin in gleicher Weise, wie verhornte Epithelien und Hornsubstanz.

Da *Ewald* und *Kühne* diese Frage noch ausführlich behandeln, so kann ich davon abstehen, zu untersuchen, in wie weit die durch Alkohol und Aether oder durch einige andere Methoden sichtbar werdenden Scheiden ausschliesslich dem Horngewebe angehören. Selbstverständlich können wir den Namen Hornscheiden in seiner eigentlichen Bedeutung nur dem der Verdauung widerstehenden Reste der Scheiden geben. Mit den wirklichen Hornscheiden sind die durch Alkohol und Aether sichtbar gemachten somit in keiner Weise identisch; sie führen neben dem Horngerüst noch verdauliche Eiweissstoffe. Zur deutlichen Bezeichnung wird sich desshalb für die durch Alkohol und Aether, oder durch andere Methoden ohne Verdauung dargestellten Scheiden der Ausdruck Horn führende Scheiden empfehlen. Es kann nicht meine Absicht sein, näher auf diesen Punkt einzugehen. Um irrthümliche Auffassungen zu vermeiden, glaubte ich jedoch die letztere Thatsache hervorheben zu müssen.

Das Wesentlichste für unsere Untersuchungen dürfte Das sein, dass sich durch diese Methode der Entmarkung der Axencylinder in engem Zusammenhang mit seiner Scheide im Innern der Faser nachweisen lässt.

Diesen und den andern Darstellungsmethoden der Horn führenden Scheiden von *Ewald* und *Kühne* durch Galle etc., kann ich zwei weitere hinzufügen. Die eine davon besteht in der Entfernung der Fette des Markes durch **Chloroform,** das schon *Tizzoni*[1]) in einer vorläufigen Mittheilung empfohlen, ohne allerdings die genaueren Details seiner Methode anzugeben.

Verschiedene Versuche, die ich mit dem Reagens anstellte,

---

[1]) Centralbl. für die med. Wissenschaft 1878, Nr. 13. *Tizzoni* glaubt, irrthümlicher Weise durch Chloroform die Hornscheiden darzustellen. Aus

Digitized by Google

lehrten Folgendes: Bei der Chloroformbehandlung der Nerven in Zimmertemperatur gelingt es nicht, die Scheiden leer darzustellen. Der zurückbleibende, als krümliche Masse in den Scheiden sich darbietende Körper ist jedenfalls das in kaltem Chloroform unlösliche Cerebrin. Da sich jedoch bei höherer Temperatur auch dieses löst, so war hiermit ein neues Mittel zur Darstellung der Scheiden gegeben. Die grosse, bis jetzt noch nicht erwähnte Schwierigkeit bei der Behandlung der Nerven mit Chloroform war nur die, dass dieses nur wenig Wasser aufnimmt und so nur sehr langsam in den Nerven eindringt. Man kann dieses Eindringen erleichtern, indem man die Fasern zuvor kurze Zeit durch Alkohol entwässert. Doch war es ja wünschenswerth, bei der Behandlung mit Chloroform die Wirkung des Alkohols vollständig auszuschliessen. Es geschah Dieses dadurch, dass gut zerzupfte Nerven zunächst einen Tag in kaltem Chloroform verblieben, das in Folge der Wasseraufnahme ein milchiges Aussehen annahm. Sodann wurden die Nerven in frischem Chloroform in eine Glasröhre eingeschmolzen und darin im Wasserbade erhitzt. Ein 20—30 minutenlanges Verweilen in dem siedenden Wasser genügte zur Entmarkung vollständig. Nach der Abkühlung verblieb der Nerv noch 24 Stunden im Chloroform und wurde dann zum Auswaschen desselben in Wasser gelegt. Rascher erfolgte das Auswaschen durch Alkohol. Doch wurde aus dem schon angeführten Grund meist nur Wasser verwendet, wozu allerdings dann meist ein Tag nothwendig war.

Die Untersuchung der gleichfalls mit Hämatoxylin gefärbten Fasern ergab nun: Innerhalb der *Schwann*'schen Scheide zeigt sich dieselbe maschige Scheide, wie sie sich bei der Behandlung mit

dem oben Gesagten geht wohl zur Genüge hervor, dass wir die nur durch Chloroform sichtbar werdenden Scheiden eben so wenig als Hornscheiden auffassen dürfen, wie die nach der Alkohol-Aetherbehandlung hervortretenden und sicher schon lange vor den neueren, der Verdauungsmethode zu dankenden Aufschlüssen vielfach gesehenen Bildungen.

Digitized by Google

Alkohol und Aether dargeboten hatte. Wesentlich verschieden aber ist das Bild im Innern der Faser. Hier sieht man nicht den einen blaugefärbten centralen Faden, wie er sich nach der Entmarkung mit Alkohol und Aether darbietet und den Axencylinder sammt seiner Scheide umfasst, sondern zwei Gebilde sind deutlich zu unterscheiden. In spiralförmigen Windungen verläuft ziemlich im Centrum der Faser ein blaugefärbtes gekörntes Gebilde, das durch einen deutlichen Zwischenraum getrennt, beiderseits von einem feinen Contour umhüllt wird, der in geringem Grade gefärbt, den Biegungen und Krümmungen des Axencylinders nicht folgt, hie und da einzelne Verbindungsbalken zur äusseren Scheide erblicken lässt und jedenfalls die Axencylinderscheide ist. Es resultirt aus dieser Behandlung zwischen dem Axencylinder und seiner Scheide ein periaxialer Raum, etwa wie ihn *Klebs* schon vor längerer Zeit als normales Gebilde in Anspruch genommen hat.

Wir haben also in dem Chloroform ein Mittel, ohne Aether- und namentlich ohne Alkoholbehandlung die beiden das Mark umhüllenden Scheiden sammt ihren Verbindungsstücken vollständig darzustellen. Durch nachfolgende Verdauung lassen sich dann aus diesen Horn führenden Scheiden die eigentlichen Hornscheiden leicht darstellen.

Dasselbe ist auch bei der zweiten Methode der Fall, bei der Darstellung der Markscheiden durch destillirtes Wasser.

Doch wird es zuvor nöthig sein, auf einige Einwirkungen des Wassers und ähnlicher Reagentien näher einzugehen.

Schon seit Langem ist es bekannt, dass unter dem Einfluss von Wasser in der frischen, direct aus dem Frosch entnommenen und gut zerzupften Nervenfaser Veränderungen eintreten, die sich im Wesentlichen dadurch charakterisiren, dass ein Theil des Inhaltes der Faser und zwar, wie sich deutlich verfolgen lässt, das Nervenmark nach dem Schnittende strömt, austritt und hier, mehr oder weniger verändert, zu grossen Klumpen zusam-

Digitized by Google

mengeballt, anklebt oder auch von der Faser losgerissen in der Präparatflüssigkeit umhertreibt.

Wie schon oben erwähnt, hat *Boll* diesen Veränderungen der Nervenfaser eine grössere Aufmerksamkeit zugewendet. Er verfolgte dieselben unter der Einwirkung von destillirtem Wasser, in welchem auch die Strömungserscheinungen im Innern der Faser sich deutlicher übersehen lassen.

Boll glaubt, dass das Nervenmark sich unter der Einwirkung von destillirtem Wasser in eine quellende, schäumende Masse verwandelt, die innerhalb der *Schwann*'schen Scheide eingeschlossen und am Austreten gehindert, nach dem freien Ende der Faser einen Ausweg suche. Als wesentlich muss ich aus den *Boll*'schen Untersuchungen hervorheben, dass auch der *Ranvier*'sche Ring für dieses strömende Mark kein Hinderniss war. Es fand allerdings an dem Schnürringe eine Stauung statt, wie sie bei dem verengten Strombett zu erwarten war; aber das Hindurchströmen des Markes erfolgte im Uebrigen ungestört. Auch ein sonstiges Hinderniss im Verlaufe der Faser erwähnt *Boll* nicht.

Dieselben Strömungserscheinungen des Markes schildert *Ranvier* in seiner neuesten Arbeit. Er benutzte jedoch zur Hervorrufung derselben gewöhnliches Wasser. Indessen stimmen die Angaben von *Boll* und *Ranvier* insofern nicht überein, als der Letztere ein Hindurchströmen des Nervenmarkes durch die Einschnürung nicht beobachtete. *Ranvier* gibt an, dass an der Einschnürung das strömende Nervenmark ein Hinderniss findet und bei intacter *Schwann*'scher Scheide diese ausdehne, aber nicht aus der Faser austrete.

Auch *Boll* lässt die *Schwann*'sche Scheide das Nervenmark direct umhüllen.

Gerade dieser Umstand, dass sowohl *Boll* als *Ranvier* in Unkenntniss mit der das Mark nach aussen gegen die *Schwann*'sche Scheide abschliessenden äusseren Hülle glauben, dass das

Digitized by Google

Nervenmark direct durch die *Schwann*'sche Scheide am Austreten verhindert sei, musste ein Wiederaufnehmen dieser Versuche auf Grund der neu entdeckten Umhüllungen wünschenswerth machen. Ausserdem aber kam die zwischen *Boll* und *Ranvier* bestehende Differenz über die Durchgängigkeit der *Ranvier*'schen Schnürringe in Betracht, welche der Entdecker derselben in Uebereinstimmung mit seiner Ansicht von einer engeren Verbindung des Axencylinders mit der *Schwann*'schen Scheide an dieser Stelle für ein Strömungshinderniss hält, und ferner musste sich daran die Frage anschliessen, ob diese Strömungserscheinungen nicht durch die in neuerer Zeit von den verschiedensten Forschern beschriebenen Unterbrechungen der Markscheide innerhalb zweier *Ranvier*'schen Schnürringe irgendwie beeinflusst würden. Was die Stellung der hornführenden Scheiden zu diesen Strömungserscheinungen betrifft, so brauche ich wohl kaum zu erwähnen, dass dieselben innerhalb der äusseren und inneren Scheide sich vollziehen müssen.

Demgemäss war nach unseren Untersuchungen an dem *Ranvier*'schen Schnürring auch kein vollständiges Hinderniss für den Durchgang des Markes zu erwarten.

Die äussere hornführende Scheide geht nach sämmtlichen Untersuchungen ununterbrochen durch die Schnürringe hindurch und erleidet nur entsprechend der Einknickung der *Schwann*'schen Scheide ebenfalls eine Einknickung. Somit entsteht auch an dieser eine Einschnürung, während die Axencylinderscheide unverändert durch den Ring hindurchgeht. Durch diesen Ring resultirt allerdings eine Verengerung des Strombettes; indessen habe ich nie ein Präparat gesehen, an welchem eine vollständige Unterbrechung desselben, eine Einschnürung der äusseren Scheide bis auf die innere oder ein um die ganze Peripherie der Faser gehender Zusammenhang dieser beiden nachweisbar gewesen wäre. Diese Befunde liessen für die Markströmungen zwar eine Ein-

Digitized by Google

engung, jedoch kein vollständiges Hinderniss erwarten. Weitere Aufklärung aber mussten diese Veränderungen des Markes in Betreff der Einkerbungen der Markscheide innerhalb zweier Schnürringe geben.

Innerhalb dieser sollte die Markscheide in eine Anzahl vollständig getrennter Faserglieder oder Hohlcylinder zerfallen, deren Grenze als wirkliche meist schräg von der Peripherie bis zum Axencylinder reichende Markunterbrechung die ganze Nervenfaser umfassen sollte.

Ging nun die als Grenze dieser Hohlcylinder beschriebene Zwischenmarkscheide *Kuhnt*'s, die nach Allem mit den Zwischenbalken der Hornscheide identisch zu sein scheint, um die ganze Peripherie der Faser von der Axencylinderscheide oder innern hornführenden Scheide bis zur äusseren herum, so war ein Hindurchströmen des Nervenmarkes durch die Hohlcylinder unmöglich.

Allerdings war Dieses aus unseren Befunden in keiner Weise zu erwarten. Darnach existiren Zwischenmarkscheiden als Verbindungsglieder der beiden Scheiden nur als einzelne, von der äusseren zur inneren hornführenden Scheide ziehende Balken, deren man auf Querschnitten von den peripheren Nerven und den weissen Strängen des Rückenmarkes in der Regel drei von ziemlicher Feinheit sieht, die ein Hinderniss für Strömungen innerhalb des Hohlraumes in keiner Weise abgeben können.

Zerzupft man nun einen frischen, direct aus dem Frosch genommenen Nerven auf dem Objectträger und setzt alsdann einen oder mehrere Tropfen destillirten H_2O hinzu, so beobachtet man zunächst Veränderungen, die sich im Wesentlichen auf Verlust der Durchsichtigkeit und der Homogenität der einzelnen Faser beziehen. Wie es schon *Boll* beschreibt, werden aus den schmalen, stark lichtbrechenden Bändern breitere Gebilde, die langsam von der Peripherie her undurchsichtig werden und Bilder bieten, die

Digitized by Google

sich wohl am einfachsten durch Gerinnungsvorgänge im Mark erklären lassen. Nach kurzer Zeit aber sieht man, wie sich aus dem freien Ende einzelner Nervenfasern unregelmässige Ballen ergiessen, die theils den Eindruck von geronnenen Schollen machen, theils den einer mehr flüssigen, eine Menge fester Körnchen enthaltende Masse.

Verfolgt man die Faser weiter, so sieht man innerhalb derselben eine ziemlich gleichmässig nachrückende Strömung von beträchtlicher Geschwindigkeit, die im ganzen Verlaufe kein Hinderniss trifft und auch durch den *Ranvier*'schen Schnürring vielfach ohne Störung, allerdings wie durch ein verengtes Strombett sich ergiesst. Doch findet, indem nur kleinere Mengen der flüssigen Masse die Einschnürung durchströmen, vor derselben auch vielfach eine Stauung statt, wodurch unter dem Druck der nachrückenden Massen meist eine Ausbuchtung der Scheiden entsteht. Noch interessanter ist das Bild, wenn ein grösserer, weniger flüssiger Ballen plötzlich einen Theil des durchgängigen Ringes im Gesichtsfeld verlegt. An einem der ersten *Ranvier*'schen Schnürringe, den wir an solchem Präparat zu Gesicht bekamen, fand eine ziemliche Stauung statt. Hier war der grösste Theil des sichtbaren Ringes durch einen grösseren Ballen verschlossen; und nur an einer Stelle trieb eine Anzahl kleinerer Körnchen hindurch. Plötzlich ergoss sich darauf anscheinend unter dem Druck des nachrückenden Markes eine nicht unbeträchtliche theils anscheinend geronnene, theils noch flüssige Masse hindurch, die sich, auf der andern Seite der Einschnürung angekommen, nach beiden Seiten mit grosser Geschwindigkeit ausbreitete, die schon zusammengefallenen Scheiden wieder stärker ausdehnte und dann in mehr ruhigem Flusse dem offenen Ende der Faser zutrieb. Dieser Vorgang lässt sich an demselben Präparat oft an mehreren Schnürringen verfolgen. Später entleeren sich die vom Schnittende nicht zu weit entfernten Theile der Fasern immer mehr und es

Digitized by Google

tritt jetzt ein anderes Bild in den Vordergrund. Die während des Strömens des Nervenmarkes nicht sehr deutliche Trennung der Nervenfaser in Markscheide und Axencylinder, sowie die Einkerbungen des Markes treten wieder deutlich hervor, aber an Stelle des zuvor keineswegs sehr breiten Axencylinders befindet sich jetzt ein centrales Gebilde, das mehr als die Hälfte der Nervenfaser einnehmend, eine homogene Struktur und einen vollständig gleichmässigen Breitendurchmesser aufweist. Umgeben ist dieses Gebilde zu beiden Seiten von jenen beträchtlich verschmälerten Hohlcylindern, deren Einschnitte nun mehr an einzelnen Stellen sich bis auf das centrale Gebilde selbst erstrecken, an andern jedoch noch durch einen deutlichen Zwischenraum von diesen getrennt zu sein scheinen. Hat man es günstig getroffen, so kann man oft sehen, wie sich innerhalb des trennenden Raumes zwischen dieser Einkerbung und dem centralen Gebilde noch einzelne Theile restirender schaumiger Masse ergiessen, die noch dazu öfters die innere Grenze der Einkerbung verwischen und so mehr unter oder über dieser hindurchzugehen scheinen.

Mit dem Aufhören der Entleerung des Markes tritt an einzelnen Stellen die Scheidung der Nerven in die Markhüllen und den Axencylinder gut hervor. Neben dem kaum sichtbaren Contour der *Schwann*'schen Scheide sieht man dann den zusammengefallenen Rest der Markscheiden mit ausserordentlicher Deutlichkeit und an ihnen erkennt man als Grenze der schon erwähnten Hohlcylinder jene Einkerbungen, die sich nach dieser Behandlung im Wesentlichen als schräg zur Axe der Faser verlaufende Einschnitte darbieten und die Markhüllen bis zum Axencylinder vollständig zu unterbrechen scheinen. Dass diese Einkerbungen die ganze Peripherie der Faser umfassen, war jedoch an diesen Präparaten nicht zu constatiren, ja nicht einmal wahrscheinlich. Meist bedarf es zur vollständigen Deutlichmachung und zur Verfolgung des Verlaufs derselben von der Peripherie

Digitized by Google

bis zum Centrum einer wechselnden Einstellung des Mikroskops, was wohl nur darauf bezogen werden kann, dass die Richtung dieser Einkerbung nicht in der Horizontalen liegt, sondern vielfach schräg zu dieser verläuft. Ferner möchte ich erwähnen, dass zwei correspondirende Einkerbungen nur selten in gleicher Höhe lagen und es bei Untersuchung mit dem Immersionssystem vielfach vorkam, dass eine Einkerbung jeweils nur auf der einen Seite constatirt werden konnte und dass diese mit der Verstellung der Schraube unsichtbar wurde, während die gegenüberliegende hervortrat.

Dieses ist so ziemlich das Bild, wie es sich in den entleerten Fasern darbietet, und das sich lange Zeit beobachten lässt. Ich kann mit *Boll* keineswegs übereinstimmen, der der Meinung ist, dass der veränderte Axencylinder zuletzt mit der veränderten Markscheide zusammenfliesst und verschmilzt, und wenn er Fasern vor Augen hatte, an denen eine homogene, zähflüssige Masse, schaumigen Aussehens, den alleinigen Inhalt der *Schwann*'schen Scheide (wie er glaubt) auszumachen schien, so sind das entschieden solche gewesen, an welchen das Mark wegen der weiten Entfernung des Schnittendes der Faser sich nicht entleeren konnte.

Die entleerten Fasern bieten mit ihrem verbreiterten Axencylinder und den verschmälerten Markhüllen ein ganz charakteristisches Bild, das sich ausserordentlich lange erhält; jedenfalls lässt sich eine weitere etwaige Veränderung der Faser wegen der Langsamkeit der Vorgänge unter dem Mikroskop nur schwer verfolgen; eine eigentliche Auflösung und Tropfenbildung am Axencylinder, wie sie *Boll* beschreibt, konnte ich nicht beobachten.

Welche Schlussfolgerungen können wir nun aus diesen Vorgängen innerhalb der Nervenfaser betreffs der Structur derselben ziehen?

Dass im Niveau des *Ranvier*'schen Schnürringes ein stärkerer Widerstand sich dem fliessenden Mark entgegen stemmt,

dass hier eine Verengerung des Strombettes stattfindet, hat schon *Boll* hervorgehoben. Aber das Strombett kann in keiner Weise unterbrochen sein, und es stimmt dieses auch vollständig mit den schon oben hervorgehobenen Ergebnissen unserer Untersuchungen, nach denen an dem Schnürringe nur eine ringförmige Einschnürung der äussern hornführenden Scheide Statt hat. Ebensowenig kann aber eine Unterbrechung des Strombettes an den Einkerbungen des Markes zwischen den sogenannten Fasergliedern oder Hohlcylindern vorhanden sein. Dass diese Einkerbungen wenigstens insofern präformirten Structurdifferenzen ihre Entstehung verdanken, als hier Zwischenbalken der Markscheiden ausgespannt sind, scheint mir nicht zweifelhaft zu sein. Aber die Zwischenmarkscheiden scheinen auch nach diesen Untersuchungen keineswegs die ganze Peripherie der Faser zu umfassen; ja es scheint, dass sie von dieser so wenig einnehmen, dass nicht einmal eine Verengerung des Strombettes, durch sie bedingt, sich innerhalb der Faser bei den Strömungen des Markes kenntlich macht.

Wie schon erwähnt, beziehen sich diese Beobachtungen auf Fasern, die in destillirtem Wasser zerzupft waren. Weniger intensiv sind die Erscheinungen bei Behandlung mit gewöhnlichem Wasser und vielleicht ist Dieses die Ursache, dass *Ranvier* kein Hindurchströmen des Markes durch die Einschnürung beobachtet hat, wiewohl ich dieses allerdings mit dem sehr reinen Heidelberger Leitungswasser stets zu beobachten Gelegenheit hatte. Anscheinend werden mit zunehmendem Salzgehalte der Reagentien die Strömungserscheinungen weniger intensiv und hören bald ganz auf. So lassen sich schon in $^1/_4$% Kochsalzlösungen derartige Erscheinungen nicht mehr beobachten und nur an wenigen vereinzelten Fasern sieht man aus dem Schnittende geringe Mengen Markes austreten. Dasselbe ist der Fall bei Behandlung der Fasern mit Salzsäure von 0,1%.

Digitized by Google

Am intensivsten treten, soweit ich bis jetzt sehe, die Strömungserscheinungen bei Behandlung der Fasern mit drei Reagentien auf, bei Behandlung mit Kalilauge, von welcher ich eine 0,1 procentige benutzte, bei Behandlung mit Essigsäure, und zwar sowohl mit Eisessig als mit verdünnten Lösungen und bei Behandlung mit der *Moleschott*'schen Essig-Alkoholmischung, auf welche ich später noch zurückkommen werde und die jedenfalls hauptsächlich durch ihren Essigsäuregehalt wirkt.

Bei Behandlung der frischen Fasern mit Kalilauge und Essigsäure erfolgt die Entleerung der Scheiden mit solcher ausserordentlichen Schnelligkeit und die Strömungen treten so rasch auf, dass man sich mit dem Anfertigen des Präparats beeilen muss, sonst sieht man nur kolossale Mengen zusammengeballten, unregelmässig geformten Markes an dem Schnittende der Faser lagern, oder in der Präparatflüssigkeit umhertreiben. — In der Erklärung dieser Erscheinungen stimme ich weder mit *Boll* noch mit *Ranvier* überein.

Boll hat diese Strömungserscheinungen des Nervenmarkes so aufgefasst, dass sich durch die beständig fortschreitende Wasseraufnahme der Aggregatzustand des zuvor allerdings zu concentrischen Schichten geronnenen Markes ändere, dass dasselbe zunächst zähflüssig, dann ganz leichtflüssig werde, und sich endlich aus dem Schnittende ergiesse, wahrscheinlich, weil die Eindämmung in die verhältnissmässig festen Hüllen der weiteren Ausdehnung ein Hinderniss entgegen setze. Derselben Ansicht ist auch *Ranvier*, nur dass diesem auch die Quellung des Axencylinders nicht entgangen ist; doch schreibt er derselben einen Einfluss auf die Strömungserscheinungen des Markes nicht zu. Gegen diese Meinungen, dass es sich bei den beschriebenen Vorgängen nur um eine primäre Veränderung des Markes durch Wasseraufnahme handle, konnte ich schon bei meinen ersten Untersuchungen einige Bedenken nicht unterdrücken. Einerseits

Digitized by Google

schien mir die leicht zu machende Beobachtung, dass das aus der Faser ausgetretene Mark sich in der umgebenden Flüssigkeit kaum verändert, sondern nach dem Austritt alsbald mehr oder weniger erstarrt eine Zeitlang am Schnittende kleben bleibt, dann weggetrieben wird und unter dem Deckglas in Schollen umhertreibt, mehr für einen secundären Vorgang im Mark zu sprechen. Andererseits war ja am Axencylinder sowohl bei der Behandlung mit reinem Wasser als mit Kalilauge und Essigsäure jene äusserst beträchtliche Quellung zu constatiren, die schon als eine Veranlassung zur Compression des Markes in seinen Scheiden und dem daraus resultirenden Austritt aus dem Schnittende betrachtet werden konnte.

Ranvier glaubt, die Quellung des Axencylinders dafür nicht verantwortlich machen zu müssen, da die *Schwann*'sche Scheide, die vielfach während der Strömungen zahlreiche Falten und auch Auftreibungen zeigt, Raum genug für Quellungsvorgänge in der Faser darbiete.

Bei diesem oft zu constatirenden Verhalten der *Schwann*'schen Scheide hätte nun die Thatsache, dass das Mark überhaupt austritt, wunderbar erscheinen müssen. Die Entdeckung der äusseren, das Mark in ein engeres Strombett einschliessenden weniger elastischen Scheide musste diesen Vorgang erst verständlich machen. Wird durch eine Quellung des Axencylinders, die sich auch an entmarkten Fasern durch Kalilauge und Essigsäure nachweisen lässt, ein Druck ausgeübt, so muss, nachdem eine Dehnung der Scheiden nicht weiter möglich, die Faser sich eines Theils ihres Inhaltes entledigen.

Entschieden konnte übrigens diese Frage, ob es sich um einen nur primären oder secundären Vorgang im Mark handle, erst dadurch werden, dass eine Faser mit intaktem Mark und fehlendem Axencylinder der gleichen Untersuchung unterworfen wurde.

Digitized by Google

Es gelang mir dieses mit Hilfe einiger anderer später folgender Untersuchungsergebnisse durch die Löslichkeit des Axencylinders in schwachen Kochsalzlösungen, die, wie ich schon hervorgehoben habe, das Mark nicht in sichtbarer Weise beeinflussen. Durch Bestimmung der Gerinnungstemperatur des Axencylinders war ich auch in den Stand gesetzt, Fasern zu untersuchen, von welchen der Axencylinder in den einen gelöst, in den andern vorhanden war. Dabei waren die letzteren nur einer um wenige Grade höheren Temperatur ausgesetzt gewesen, als die ersteren. Indem ich nun die stärker erhitzte und ihres Axencylinders nicht beraubte Faser mit Zusatz von Kalilauge untersuchte, zeigten sich dieselben Strömungserscheinungen des Markes, die ich zuvor als charakteristisch für die Behandlung mit Kalilauge geschildert habe. Mit ausserordentlicher Schnelligkeit ergossen sich grosse Mengen theils zusammengeballten, theils schaumigen Markes aus dem Schnittende der Faser. In den entleerten Scheiden zeigte sich dann der gequollene Axencylinder. Untersuchte ich jedoch die ihres Axencylinders beraubte Faser mit Zusatz von Kalilauge, so traten wohl gleichfalls hie und da geringe Strömungen innerhalb des Markes auf; doch erfolgten dieselben ausserordentlich langsam, und nur geringe Mengen Markes traten aus dem Schnittende der Faser aus. Der Anblick machte im Verhältniss zu dem frühern Präparate den Eindruck, als fehle der grösste Theil der treibenden Kraft.

Die Angabe von *Boll* und *Ranvier*, dass es sich nur um eine primäre Veränderung des Markes handelt, dürfte demnach dahin umzuändern sein, dass das Mark unter der Einwirkung der beschriebenen Reagentien zwar primäre Veränderungen eingeht, dass jedoch die starken Strömungserscheinungen wesentlich der Veränderung des Axencylinders zugeschrieben werden müssen.

Ich habe vorhin schon auf gewisse Bilder aufmerksam gemacht, welche sich nach Ablauf dieser stürmischen Vorgänge an der Faser

darbieten. Eigentlich konnte erwartet werden, dass mit der Entleerung des Markes die Hüllen desselben, jedenfalls aber die äussern deutlich hervortreten würden. Indessen ist das nicht gleich der Fall. Erst wenn nach längerer Einwirkung eine weitere Veränderung mit dem Axencylinder und vielleicht auch noch mit den Markresten vor sich gegangen ist, treten die Scheiden desselben deutlich hervor.

Untersucht man Nerven, die gut zerzupft 24 Stunden in destillirtem Wasser gelegen haben, so ist das Bild ein vollständig anderes, als das, welches sich bei directer und sogar langer Beobachtung auf dem Objectträger dargeboten hat. Zunächst zeigt sich, dass das ausserordentlich breite centrale Gebilde, der gequollene Axencylinder nicht mehr wie früher vorhanden ist. Im Centrum der Faser befindet sich jetzt ein weit schmäleres, feine Längsstreifen zeigendes Gebilde. Dadurch ist der zuvor sehr schmale Hohlraum für das Mark beträchtlich verbreitert; derselbe ist hie und da ganz leer, an manchen Stellen auch mit feinen Körnchen erfüllt, die jedoch den Einblick in die Faser nicht verhindern, an andern Stellen sind noch grössere Schollen vorhanden, durch die selbstverständlich das centrale Gebilde verdeckt wird. Der Hohlraum des Markes aber wird umschlossen von einer eigenen Hülle, die sich von der *Schwann*'schen Scheide deutlich unterscheiden lässt und hier und da auch in grösseren Ausbuchtungen dieser von ihr getrennt ist.

Diese Hülle zeigt ganz die gleiche netzförmige Zeichnung, wie sie nach der Entmarkung mit Alkohol und Aether an der äussern Scheide sichtbar ist, mit dem einzigen Unterschied, dass die mit destillirtem Wasser behandelten Fasern eine regelmässigere Zeichnung darbieten. Diese Darstellung der äussern Scheide dürfte um so wichtiger erscheinen, als der Verdacht nahe lag, dass jene maschige nach Behandlung mit siedendem Alkohol oder Chloroform hervor-

Digitized by Google

tretende Zeichnung einer durch diese Reagentien oder die Siedetemperatur bedingten Schrumpfung ihre Entstehung verdanke.

Zwar hat *Lantermann* ohne vorhergehende Anwendung schrumpfender Reagentien auf ein netzförmiges Aussehen an Osmiumpräparaten aufmerksam gemacht, aber es ist sehr fraglich, ob diese Zeichnung mit derjenigen der äussern Markscheide identisch ist.

Die wesentlichste Einwirkung hat die Osmiumsäure auf das Nervenmark und zwar hauptsächlich auf die durch Aether extrahirbaren Stoffe, mit welchen sie eine schwarze homogene Masse bildet. Eine andere Wirkung der Osmiumsäure, auf die mich Herr Prof. *Kühne* aufmerksam machte (vergl. die folgende Abhandlung), tritt hauptsächlich bei ungenügender Menge des Reagens ein und betrifft den Axencylinder; es ist dazu eine minder concentrirte Lösung wünschenswerth, als sie gewöhnlich gebräuchlich ist.

Benützt man eine Lösung von 1,0 pro mille und untersucht frisch zerzupfte Fasern direct auf dem Objectträger, so tritt jene bekannte Färbung des Markes auf und einhergehend mit dieser werden dessen Einkerbungen sichtbar; dabei sieht man den Axencylinder als ein äusserst breites Gebilde in den gefärbten Markhüllen. Ist die vorhandene Menge des Reagens genügend, so lässt sich noch eine beträchtliche Quellung des Axencylinders verfolgen. Dabei treten auch hier an der Schnittfläche vereinzelte Ballen Nervenmarkes aus. Im Grossen und Ganzen bieten jedoch die Markhüllen ein anderes Bild, als bei den mit Wasser oder Kalilauge behandelten Fasern.

Mit der Quellung des Axencylinders beginnen die Einkerbungen der Markscheide an Breite zuzunehmen; ohne dass eine Verbindung zwischen den einzelnen „Hohlcylindern" nachweisbar ist, sind dieselben durch breite Zwischenräume getrennt und der ko-

Digitized by Google

lossal verbreiterte Axencylinder macht nunmehr den Eindruck, als seien eine Anzahl mehr oder minder dicker Stulpen ihm aufgestreift[1]).

Diese Bilder, welche unter günstigen Verhältnissen auch bei stärkeren Lösungen auftreten, nur dass hier meist die beträchtliche Verbreiterung des Axencylinders fehlt (*Ranvier* zeichnet solche Bilder), scheinen eigentlich darauf hinzuweisen, dass an den Einkerbungen eine wirkliche Unterbrechung der Markhüllen Statt hat, wenn nicht gerade eine Zerreissung an diesen Stellen die Trennung ermöglicht. Indessen zeigte die Untersuchung, dass weder das Letztere noch das Erstere der Fall ist.

Zur Entscheidung werden solche Fasern, an welchen die durch breite Zwischenräume getrennten Stulpen dem Axencylinder aufgereiht erscheinen, nach gutem Ausspülen in Alkohol gelegt und dann entmarkt. Die Entmarkung gelingt recht gut, sobald die Fasern nur kurze Zeit in Osmiumsäure gelegen und noch nicht jene intensiv dunkelbraune oder schwarze Farbe angenommen haben, wie sie nach längerer Einwirkung die Regel ist. Dabei wird der siedende Alkohol sehr wenig, der Aether jedoch ziemlich dunkel gefärbt.

Die Untersuchung der entmarkten Fasern zeigt nun ganz dieselben Scheiden, wie sie schon oben beschrieben sind; keine nach den Osmiumbildern zu erwartende Spalte, kein Einschnitt unterbricht diese, ein deutlicher Beweis, dass die Osmiumfärbung einzig den Inhalt der Scheiden betrifft, während diese ungefärbt und meist nicht sichtbar die einzelnen Stulpen mit einander verbinden.

In diesen Befunden liegt wohl auch die Erklärung für einen Theil der Osmiumwirkung überhaupt. Dass sich die feste Ver-

---

[1]) Ausserordentlich gut lassen sich diese Vorgänge auch am N. ischid. des Kaninchens verfolgen, wie ich gegenüber von *Hennig* erklären muss, welcher der Ansicht ist, dass die *Lantermann*'schen Einkerbungen beim Kaninchen vollständig fehlen.

bindung der Säure mit den Stoffen des Markes bei grossen absoluten Mengen oder bedeutender Concentration des Reagens auf ein kleineres Volumen zurückzieht, kann wohl keinem Zweifel unterliegen. Dass damit gerade an den Stellen eine Trennung und Spaltung des Markes erfolgt, an welchen auch die Verbindung intra vitam eine geringere ist, kann uns nicht wundern. Solche Stellen bestehen aber sicher innerhalb der Faser und zwar dort, wo die Zwischenbalken der Scheiden von der inneren zur äusseren Scheide ziehen. Ebenso aber zieht sich die Osmiumverbindung in den meisten Präparaten von dem *Ranvier*'schen Schnürring zurück, der auf eine weite Strecke zu beiden Seiten markleer erscheint; und wenn sich auch nicht mit Bestimmtheit sagen lässt, dass das Mark durch jeden *Ranvier*'schen Schnürring hindurchgeht, und nur unter der Wirkung des Reagens sich vielfach aus dem engeren Strombett zurückzieht, so ist nach unseren Befunden die Möglichkeit des Hindurchgehens nicht ausgeschlossen, ja es bedarf nach denselben noch des Beweises, dass das Mark nicht hindurchgeht.

Einige Worte muss ich noch der von *Lantermann* und *Mc'. Carthy* angegebenen stäbchenförmigen Structur des Nervenmarkes widmen. Die meisten Forscher haben sich schon dafür ausgesprochen, dass es sich hierbei um Kunstproducte handelt, und die von *Lantermann* als Querschnitte von Stäbchen aufgefassten Gebilde nur gefärbten, an der Oberfläche des Markes sich ausscheidenden Kügelchen, ihre Entstehung verdanken. War Dieses der Fall, so musste auch die ausserhalb der Faser entstehende Osmiumverbindung des Markes dieselben Bilder geben und das ist allerdings der Fall.

Verdampft man das Aetherextract von Nerven und setzt der restirenden weissen Masse Osmiumsäure zu, so entsteht eine je nach der Menge des zugesetzten Reagens verschieden dunkle Masse, die auf dem Objectträger untersucht, eine grosse Menge

Digitized by Google

einzelner, ziemlich regelmässiger Kugeln zeigt, die ganz dieselben Bilder geben, wie sie im Innern der Faser sichtbar sind und beim Zusammenliegen in plaques eine zuweilen überraschend regelmässige fleckige Zeichnung mit kreisförmigen farblosen Durchbrechungen darbietet.

Damit dürfte ein Theil dieser Bilder seine Erklärung finden. Ob jedoch nicht gleichzeitig die Zeichnung der äusseren Markscheide zu ähnlichen Bildern die Veranlassung zu sein vermag, will ich nicht entscheiden.

Der Axencylinder.

Die Sichtbarmachung des Axencylinders durch Alkohol oder Aether oder auch durch beide zusammen, ist seit den Untersuchungen *Kölliker*'s [1]) wohl ein häufig geübtes Verfahren. Und wenn trotz dieser Behandlung die Structurverhältnisse des Markes den Forschern vollkommen entgangen sind, so hat das wohl wesentlich seinen Grund darin, dass zur vollständigen Entfernung der Fette eine sehr sorgfältige Behandlung nothwendig ist. Die leicht zurükbleibenden krümmlichen Körner, die auch *Kölliker* erwähnt, verwischen das Bild des äusseren Scheidennetzes und lassen ein sicheres Urtheil nicht zu.

Das zweckmässigste Verfahren zur Entmarkung mit Alkohol und Aether habe ich schon oben angegeben. Die Untersuchung der so behandelten Faser zeigt innerhalb der weitmaschigen äusseren Horn führenden Scheide ein schmales centrales Gebilde, das alle Krümmungen und Biegungen der Faser möglichst vermeidend, bald der einen, bald der andern Seite der äusseren Scheide nahe liegt. Dasselbe ist ein gleichmässiges feingranulirtes Gebilde ohne irgend nachweisbare fibrilläre Streifung. Wie

---

[1]) Mikroskopische Anatomie, Bd. II, erste Hälfte.

Digitized by Google

schon oben erwähnt, ist eine den Axencylinder umhüllende Scheide bei dieser Behandlung nicht zu unterscheiden. Erst nach Entfernung des Axencylinders durch die Verdauung mit Trypsin wird, wie *Ewald* und *Kühne* angeben, die Axencylinderscheide als leere Hülse sichtbar.

Durch Behandlung mit siedendem Chloroform lässt sich, wie ich schon erwähnt habe, der Axencylinder durch einen Zwischenraum von seiner Scheide getrennt, deutlich machen; auch hier ist derselbe ein feingranulirtes nicht fibrillär aussehendes Gebilde, das in spiralförmigen Touren in der Faser verläuft.

Welcher Differenz in der Wirkung dieser verschiedenen Reagentien die differenten Bilder ihre Entstehung verdanken, wage ich nicht zu entscheiden. Vielleicht ist der bei der Chloroformbehandlung entstehende periaxiale Raum noch mit Flüssigkeit gefüllt, die bei einer etwaigen Coagulation aus dem Axencylinder ausgetreten, sich mit dem Chloroform nicht mischte und so ein Zusammenziehen der Scheide um den Axencylinder unmöglich machte. Verschiedene später folgende Beobachtungen lassen wenigstens diese Entstehung als eine beachtenswerthe Möglichkeit erscheinen.

Den Schluss, welcher aus diesem deutlichen Hervortreten des Axencylinders in Fette lösenden Reagentien resultirt, hat *Kölliker* schon vor Jahren gezogen, dass der Axencylinder nicht den Fetten zugerechnet werden darf. Mit Berufung auf die Färbung des Axencylinders durch die Eiweissreagentien kam *Kölliker* damals zu dem Resultat, dass der Axencylinder eine feste Proteïnverbindung sei.

Lehmann[1]) schloss sich dieser Ansicht von der Eiweissnatur des Axencylinders an und seitdem ist diese Anschauung nicht mehr angefochten worden, wenn auch andere Forscher, wie

[1]) Lehrbuch der physiolog. Chemie, Leipzig 1853.

Digitized by Google

Kühne[1]) und *Waldeyer*[2]) demselben einen weich-elastischen, *Fleischl*[3]) sogar einen flüssigen Zustand zuschreiben.

Am Besten lässt sich die Eiweissnatur des centralen Gebildes an dem entmarkten Nerven nachweisen; dabei ist aber immer noch die Einwirkung der verschiedensten Eiweissreagentien eine viel zu wenig intensive, um sichere Schlüsse zu gestatten. Von allen Untersuchungsflüssigkeiten kann ich nur das *Millon*'sche Reagens erwähnen, gegen welches sich der Axencylinder deutlich wie ein Eiweisskörper verhielt.

Zu dieser Untersuchung wurde ein mit Alkohol und Aether entmarkter Nerv nach gutem Auswaschen in Wasser 24 Stunden in verdünnte *Millon*'sche Flüssigkeit gelegt und darauf gekocht. Während des Siedens wurde so lange von dem Reagens zugefügt, bis das Präparat dunkelroth geworden. Die Untersuchung ergab, dass die gesammten Scheiden sich unter Einwirkung des Reagens gefärbt hatten und es liess sich somit ein sicheres Urtheil über die Färbung des Axencylinders nur an solchen Fasern erhalten, an welchen er deutlich herausragte. An einzelnen Fasern war dies gut zu sehen. Während die Scheiden eine mehr blassrothe Farbe hatten und auch die Axencylinderscheide mit einem nach der äusseren Seite umgeschlagenen Ende, anscheinend einem Zwischenmarkbalken plötzlich endigte, jedenfalls um den Axencylinder nicht mehr nachweisbar war, ragte dieser als ziemlich dunkelroth gefärbter, regelmässiger und ziemlich breiter Faden hervor.

Die übrigen Eiweissreactionen, so mit Salpetersäure und Kalilauge, schwefelsaurem Kupferoxyd und Kalilauge, Schwefelsäure und Zucker sind für den Axencylinder viel zu wenig intensiv. Färben sie auch den Nerven im Allgemeinen gut, so lassen doch ein-

---

1) Lehrbuch der physiolog. Chemie, Leipzig 1868.

2) Zeitschrift f. rat. Medicin, 3. R., Bd. XX, Heft 3.

3) Ueber die Beschaffenheit des Axencylinders. Beiträge z. Anatomie und Physiologie (Gratulationsschrift *Carl Ludwig*'s).

zelne Balken der Scheiden und ebenso der Axencylinder eine deutliche Färbung nicht erkennen. Doch dürfte die Färbung mit dem *Millon*'schen Reagens genügen, um dem Axencylinder **Eiweisskörper** zuzusprechen.

An die Auffassung des Axencylinders als einer eiweissreichen Masse schliesst sich aber gleichzeitig die Frage an, ob das durch Alkohol und Aether und ebenso durch viele andere Reagentien sichtbar werdende centrale Gebilde nicht durch Coagulation aus dem ursprünglich breiteren Axencylinder entstanden ist. *Henle* und *Merkel*[1]) haben schon vor Jahren diese Frage aufgeworfen, als *M. Schultze* in seiner bekannten Arbeit anscheinend fibrilläre Axencylinder zeichnete, die fast den grössten Theil der Faser einnahmen und seitdem sind noch immer Gebilde von sehr verschiedener Breite und verschiedenem Aussehen, bald ein dickes, die Faser nahezu ausfüllendes Band, bald ein schmaler, centraler Faden für vollkommen gleichwerthige Gebilde, für den Axencylinder, angesehen worden, während es doch keinem Zweifel unterliegen kann, dass viele dieser Gebilde erst unter der Einwirkung der verschiedensten Reagentien entstanden waren.

So kommt es, dass über die eigentliche Breite des Axencylinders in der lebenden Nervenfaser eine Einigung unter den verschiedensten Forschern nicht erzielt ist, zumal ja am lebenden Nerven ein sichtbarer Axencylinder seither nicht nachgewiesen wurde. In den Flossen der Fische oder in der Schwimmhaut vom Frosch sieht man die einzelne Faser als deutlich doppelt-contourirtes Gebilde. Die *Ranvier*'schen Schnürringe erkennt man bei Beiden deutlich. Andeutungen von Einkerbungen, äusserst zart und keineswegs mit den Osmiumbildern zu vergleichen, liessen sich nur in der Fischflosse erkennen.

Durch die vielfachen Veränderungen des Markes werden

[1]) Ueber die sogenannte Bindesubstanz d. Centralorgane, Zeitschrift f. rat. Medicin, Bd. XXXIV, Heft 1.

direct nach dem Herausnehmen der Nerven diese Zeichnungen weit undeutlicher. Theils durch das Absterben der Faser, theils durch die angewendeten Untersuchungsflüssigkeiten entstehen nun jene so sehr verschiedenen Bilder. Wir haben schon oben die frische Nervenfaser unter der Einwirkung verschiedener Reagentien untersucht. Wir haben dabei jene Strömungserscheinungen des Nervenmarkes verfolgt, wie sie bei der Behandlung der Fasern mit Wasser seither bekannt waren und die wesentlich nur auf eine Wasseraufnahme und Quellung des Markes bezogen wurden, das in einem ringförmigen Strombett eingeengt, sich einen Ausweg suche und so dem Schnittende der Faser zuströme. Ich habe dann gezeigt, dass dieselben Erscheinungen zum Theil noch weit intensiver bei der Einwirkung mancher anderer Reagentien auftreten und bin auf Grund dieser Beobachtungen zu dem Schlusse gekommen, dass diese Vorgänge nicht einzig durch eine primäre Veränderung des Nervenmarkes bedingt sind.

Die Gründe, auf welche ich meine Anschauung stützte, sind im Wesentlichen folgende:

1. In allen Fasern, in welchen unter der Einwirkung gewisser Reagentien jene Strömungs- und Austrittserscheinungen des Nervenmarkes zur Beobachtung kommen, tritt mit der mehr und mehr erfolgenden Entleerung der Faser von Mark ein centrales Gebilde hervor, welches nahezu die gesammte Faser ausfüllt und zweifelsohne der gequollene Axencylinder ist.

2. Der grösste Theil dieser Reagentien, unter deren Einwirkung die Strömungserscheinungen des Markes deutlich werden, bewirken noch an dem mit Alkohol und Aether entmarkten Nerven eine beträchtliche Quellung des Axencylinders.

3. Es lässt sich aus gut zerzupften Fasern ohne wesentliche Veränderung des Markes der Axencylinder entfernen. Die Untersuchung dieser Fasern (vergl. unten, Einwirkung verdünnter NaClLösungen) mit den betreffenden Reagentien zeigt zwar auch

Digitized by Google

geringe Veränderungen und hie und da auch Strömungen des Nervenmarks. Doch sind dieselben ausserordentlich unbedeutend gegenüber den Vorgängen in jenen Fasern, in welchen der Axencylinder vorhanden ist.

Ich habe diese Gründe für meine Anschauung schon früher erwähnen zu müssen geglaubt, obwohl die auf 2 und 3 bezüglichen Beobachtungen erst in dem Nachfolgenden näher ausgeführt werden sollen.

Diejenigen Reagentien, unter deren Einwirkung die Strömungserscheinungen des Markes am Deutlichsten auftraten, waren ausser destill. H_2O, Essigsäure, Kalilauge und die starke Essiglösung von *Moleschott*. Bei allen diesen tritt an der frischen Faser nach der Entleerung des Markes der Axencylinder als stark gequollenes Gebilde hervor. Weiter als bis zu diesem Punkte lassen sich die Veränderungen der Nervenfaser und insbesondere des Axencylinders in kurzer Zeit auf dem Objectträger nicht gut verfolgen.

Um also die Veränderungen, welche der Axencylinder weiter erleidet, kennen zu lernen, müssen wir den Nerv längere Zeit der Einwirkung des Reagens überlassen. Bevor ich darüber Weiteres berichte, sind noch einige Worte den Veränderungen des Axencylinders an mit Alkohol und Aether entmarkten Nerven unter kurzer Einwirkung der besprochenen Reagentien zu widmen.

Gar nicht wird der Axencylinder des Alkohol-Aether-Nerven von Wasser beeinflusst, sehr beträchtlich jedoch von Essigsäure und Kalilauge.

Setzt man dem entmarkten und mit Hämatoxylin gefärbten Nerven einige Tropfen Kalilauge zu, und beeilt sich, denselben unter dem Mikroskope zu beobachten, so zeigt sich hier ein äusserst interessantes Bild. Man sieht, wie der eben noch sehr schmale Axencylinder anfängt sich auszudehnen, wie er, zunächst in der Länge wachsend zur Spirale wird und gleichzeitig beträchtlich an Breite zunimmt. Dieser Vorgang vollzieht sich

Digitized by Google

mit ausserordentlicher Schnelligkeit. Etwas langsamer, jedoch immer noch sehr rasch folgen die weiteren Veränderungen; langsam verschwinden nun die Bögen zwischen den Spiralen, bald hier, bald da wird der Axencylinder an einzelnen Stellen ungleichmässig breit, bald folgen die noch schmäleren Stellen nach und binnen einigen Secunden sehen wir an Stelle des eben noch in solcher Umwälzung begriffenen Gebildes eine gequollene Masse, die einen grossen Theil der Faser einnimmt, wenn sie auch nicht ganz den Breitendurchmesser des frischen so behandelten Axencylinders erreicht. Gleichzeitig mit diesem Wachsthum tritt eine ziemlich deutlich hervortretende Entfärbung des Axencylinders ein, der nach längerer Zeit jedoch noch als schwach blau gefärbtes Gebilde zu erkennen ist. Weitere Vorgänge lassen sich daran nun nicht mehr verfolgen. Weder an herausragenden Axencylindern lässt sich eine stärkere Quellung und ein etwaiges Einschmelzen erkennen, noch werden seine Contouren innerhalb der Scheiden undeutlich oder verwischt.

Ganz ähnliche Bilder bietet die Behandlung dieser entmarkten Fasern mit Essigsäure. Ich habe mich zu diesen Beobachtungen sowohl des reinen Eisessigs, als verdünnterer Lösungen, hauptsächlich einer von 2% bedient. Nur eine Differenz tritt bei der Behandlung mit Essigsäure gegen Kalilauge hervor, dass bei der ersteren der blau-violet gefärbte Axencylinder zunächst roth wird und dann seine Farbe ganz verliert. Doch lassen sich trotzdem die Quellungserscheinungen dabei auf das Deutlichste verfolgen. Auch an diesen Präparaten verändert sich nach einer gewissen Dauer der Einwirkung das Bild nicht mehr. Man sieht dann den gequollenen Axencylinder unverändert in der Faser und kein Anzeichen deutet mehr darauf hin, dass vor Kurzem ein so stürmischer Process in ihrem Inhalte verlief.

Aehnliche Veränderungen wie diese Lösungen von Essigsäure ruft auch die schon bei frischen Fasern benutzte *Moleschott*'sche

Digitized by Google

Lösung hervor, wahrscheinlich nur durch ihren Gehalt an Essigsäure bedingt.

Verdünnte Kochsalzlösungen haben auf die entmarkte Faser keinen irgendwie nachweisbaren Einfluss.

Die weitere Frage, welche sich den genannten direct zu beobachtenden Veränderungen anschliesst, ist die, ob die Nervenfaser und speciell der Axencylinder unter der Einwirkung der erwähnten Reagentien noch weitere Veränderungen eingeht, die, längere Zeit in Anspruch nehmend, zunächst nicht zur Beobachtung gelangen.

Hierüber konnte nur die Untersuchung Auskunft geben, nachdem der Nerv stundenlang der Einwirkung grösserer Mengen des Reagens ausgesetzt war.

Beginnen wir mit der Untersuchung des Nerven nach der längeren Einwirkung von destill. H_2O.

Um das Eindringen der jeweiligen Untersuchungsflüssigkeit zu erleichtern, habe ich es zweckmässig gefunden, den Nerven zunächst auf dem Objectträger in einigen Tropfen derselben zu zerzupfen, und dann erst ruhig in die Flüssigkeit einzulegen.

Wird der frisch aus dem Frosch entnommene Nerv nach 24stündiger Einwirkung von H_2O untersucht, so sieht man innerhalb der mehr oder weniger weiten *Schwann*'schen Scheide eine Zeichnung, welche gegen die frische in diesem Reagens untersuchte Faser wesentlich contrastirt. Das breite centrale Gebilde, der gequollene Axencylinder ist vollständig verschwunden.

An seiner Stelle sieht man, wie schon oben erwähnt, jenes schmale, feine Längsstreifen zeigende Band, welches sammt einigen körnigen oder scholligen Markresten in die jetzt sichtbar gewordene maschige äussere Markscheide eingeschlossen ist.

Untersuchen wir nunmehr dieselben Fasern nach der Entmarkung mit Alkohol und Aether.

Digitized by Google

Mit Hämatoxylin gefärbt zeigen die 24 Stunden mit H_2O behandelten Fasern einen beträchtlichen Unterschied gegen die frisch mit Alkohol und Aether entmarkten. Der blauviolet gegefärbte centrale Faden der letzteren fehlt bei den ersteren vollständig. An seiner Stelle sieht man im Innern der Faser die kaum gefärbte Axencylinderscheide als äusserst feines Gebilde, dessen seitliche Contouren einen ungefärbten leeren Raum einschliessen: Es ist also durch destillirtes H_2O der Axencylinder gelöst worden. Wir haben die ersten Quellungserscheinungen des frischen Axencylinders durch das Reagens auf dem Objectträger beobachtet; in dieser vollständigen Auflösung sehen wir das Endresultat des so stürmisch begonnenen Processes.

Unterwerfen wir nun der gleichen Untersuchung einen Nerven, der zuerst durch Aether und Alkohol entmarkt war und nach der Entmarkung 24 Stunden der Einwirkung von destillirtem H_2O ausgesetzt war. Hier sehen wir nach der Färbung denselben schmalen gefärbten Axencylinder, wie ihn der Nerv darbietet, welcher nur mit Alkohol und Aether behandelt ist.

In diesem verschiedenen Verhalten gegen H_2O haben wir eine wesentliche Differenz zwischen dem frischen und dem mit Alkohol Aether behandelten Axencylinder. Wir haben uns oben in Folge der Färbung mit *Millon*'schem Reagens der Ansicht angeschlossen, dass wir in dem Axencylinder Eiweisskörper vor uns haben. Diese Ansicht musste die Frage nahe legen, ob der Axencylinder nach den verschiedenen Behandlungsmethoden sich nicht insofern verschieden verhalte, dass wir in ihm bald eine lösliche Modification vor uns haben, bald eine unlösliche, oder ein durch Erhitzen oder Reagentien entstandenes unlösliches Coagulat. Das verschiedene Verhalten des frischen und des durch die Alkohol-Aetherbehandlung zuvor entmarkten Nerven gegen H_2O scheint diese Ansicht vollständig zu bestätigen.

Digitized by Google

In der Behandlung mit siedendem Alkohol sind allein schon zwei Momente gegeben, die jedes für sich die Ursache der Coagulation von Albuminkörpern sein können.

Eine weitere Bestätigung der Ansicht von der Entstehung eines unlöslichen Coagulates durch die von uns geübte Entmarkung zeigte sich bei Untersuchung mit einem andern Reagens, dessen Wirkung auf den Axencylinder in neuerer Zeit *Kühne*[1]) bei seinen Untersuchungen über den Sehpurpur wieder constatiren konnte. Es ist dieses die Galle, die ebenso, wie die Stäbchen der Retina, so auch frische Axencylinder löste. Doch geht die Auflösung des Letzteren keineswegs so rasch, wie diejenige der Stäbchen, und lässt sich nicht in gleicher Weise auf dem Objectträger verfolgen.

Indessen löst 5—10 % Galle den Axencylinder des frischen Nerven innerhalb 24 Stunden.

Der Axencylinder des mit Alkohol und Aether entmarkten Nerven wird jedoch durch 24stündiges Liegen in Galle in keiner Weise verändert. — Ebenso, wie diese beiden Reagentien erweisen einige weitere die Differenz in der Löslichkeit zwischen dem Eiweisskörper des frischen und dem Coagulat des Alkohol-Aether-Nerven.

Unter denjenigen Lösungen, welche am Schnellsten den frischen Nerven veränderten und jene Strömungen des Markes in ausserordentlich rascher und intensiver Weise hervorriefen, habe ich die Kalilauge genannt. Legen wir nun einen frischen Nerven, nachdem er gut zerzupft ist in Kalilauge von 0,1 % und 24 Stunden später nach gutem Auswaschen durch Wasser in Alkohol, so zeigt die Untersuchung nach der Entmarkung, dass auch in diesem der Axencylinder vollständig fehlt.

---

[1]) *W. Kühne*, über den Sehpurpur, diese Untersuchungen Bd. I, Heft 1.

Digitized by Google

Wir haben somit in der Kalilauge von 0,1 % ein weiteres Lösungsmittel für den frischen Axencylinder.

Behandeln wir den mit Alkohol und Aether entmarkten Nerven in der gleichen Weise mit Kalilauge und untersuchen nach 24 Stunden, so finden wir ziemlich dasselbe Bild, wie wir es schon oben beschrieben haben. Wir sehen nach der Färbung im Innern der Faser eine stark gequollene Masse von deutlicher blauer Farbe, die mehr als die Hälfte der ganzen Faser einnimmt.

Wir haben in diesem Verhalten gegen Kalilauge eine weitere Differenz zwischen dem frischen und dem coagulirten Axencylinder. Das Coagulat wird durch Kalilauge in eine gequollene Masse verwandelt, die wir wohl als ein gallertiges Kalialbuminat auffassen müssen. Gelöst wird dasselbe jedoch im Gegensatz zu dem Axencylinder des frischen Nerven in 24 Stunden nicht.

Etwas anders als die letzteren Reagentien wirkt Essigsäure. Hat ein frischer Nerv 24 Stunden in 2 % Essigsäure gelegen, so ergibt die Untersuchung nach der Entmarkung und Färbung Folgendes:

In der Faser zeigt sich ein centrales Gebilde von ziemlich gleichmässigem Umfang, das wiederum mehr als die Hälfte der Breite ausfüllt, durch Hämatoxylin blau gefärbt ist und die Zwischenbalken der Scheiden, sowie die äussere Horn führende Scheide auf das Deutlichste erkennen lässt. Es ist also unter der 24stündigen Einwirkung der Essigsäurelösung der Axencylinder nicht gelöst worden. Es ist aber auch der durch Essigsäure gequollene Axencylinder unter der Einwirkung des siedenden Alkohols und nachher des Aethers nicht beträchtlich geschrumpft.

Ebensowenig wird der Axencylinder des Alkohol-Aether-Nerven durch Essigsäure gelöst. Die beiden gequollenen Gebilde unterscheiden sich nur dadurch, dass der Axencylinder des zuvor entmarkten Nerven an Umfang demjenigen des frisch mit Essigsäure behandelten nachsteht, ein Umstand, den wir vielleicht darauf

Digitized by Google

beziehen müssen, dass durch die Behandlung mit siedendem Alkohol die Axencylinderscheide einen Theil ihrer im frischen Nerven jedenfalls grossen Elasticität eingebüsst hat.

In beiden aus dem Axencylinder hervorgegangenen Körpern haben wir wahrscheinlich Acidalbumine vor uns. Wenigstens scheint diese Ansicht in dem Verhalten gegen einige Reagentien eine Stütze zu finden.

Legen wir Nerven, die direct aus dem Frosch entnommen, 24 Stunden in Essigsäure gelegen hatten, nach gutem Ausspülen in eine concentrirte Kochsalzlösung und schreiten nach 24stündigem Liegen in dieser zur Entmarkung und Färbung, so sehen wir jetzt in der Faser an Stelle des gequollenen Gebildes einen stark geschrumpften Faden, wie er auch sonst durch die blosse Behandlung des Nerven mit siedendem Alkohol und Aether entsteht. Es ist somit durch die concentrirte Kochsalzlösung die durch Essigsäure entstandene Masse gefällt, was unter der Behandlung mit siedendem Alkohol in keiner Weise geschah, ein Verhalten, welches vollständig mit dem seither bekannten der Acidalbumine sich in Uebereinstimmung befindet. Dieselbe Schrumpfung erleidet der durch Essigsäure gequollene Axencylinder des Alkohol-Aether-Nerven unter der Einwirkung concentrirter Kochsalzlösungen.

Noch ein anderes gleiches Verhalten, wie das des Acidalbumin's, lässt sich an dem durch Essigsäure veränderten Axencylinder nachweisen.

Legt man diesen 24 Stunden in eine Lösung von kohlensaurem Natron und untersucht nach der Entmarkung, so sieht man in einem Theil der Fasern einen ebenfalls geschrumpften Axencylinder, in einem andern Theil hat aber schon der Process der Auflösung dieses Acidalbumins begonnen; hier fehlt der Axencylinder schon theilweise.

Die gequollene Masse, welche unter der Einwirkung der

Digitized by Google

kalten Essigsäure in der frischen Faser entstanden ist, kann jedoch noch auf anderem Wege, als durch Alkalien zur Lösung gebracht werden, und zwar durch längeres Kochen in Essigsäure. Schon *Kölliker* hat darauf aufmerksam gemacht. Nach ein halb stündigem Kochen in Essigsäure und nachfolgender Entmarkung zeigt der Nerv an Stelle des gequollenen Axencylinders die leere Axencylinderscheide.

Ein Gleiches ist jedoch mit dem Eiweisscoagulat des schon zuvor entmarkten Nerven nicht der Fall. In diesem ist nach gleicher Behandlung die gequollene Masse noch nachweisbar.

Salzsäure von 0,1 % wirkt wenig intensiv und langsam auf den Nerven ein. Eine Quellung des Axencylinders lässt sich dabei nicht constatiren. Auch die Strömungserscheinungen des Markes treten bei ihrer Anwendung nicht auf. Doch sind nach 24 stündiger Einwirkung die Axencylinder der gut zerzupften Fasern gelöst; das Coagulat der Alkohol-Aether-Nerven wird von Salzsäure nicht wesentlich verändert.

Eine nicht unbeträchtliche Veränderung ruft die von *Moleschott*[1]) empfohlene Essigsäure-Alkohol-Mischung an der Nervenfaser hervor. Das Austreten eines Theils des Markes habe ich schon oben bei der Untersuchung der frischen Faser erwähnt. Bei längerer Einwirkung wird ein Theil des Markes jedenfalls auch gelöst.

Hervorzuheben ist ausserdem die beträchtliche Quellung des Axencylinders, der als breites Band so deutlich hervortritt, dass man diese Mischung als Controlle für die übrigen Untersuchungen betreffs der Lösung des Axencylinders verwenden kann. Vielfach wurde sie desshalb bei den seitherigen, sowie auch den weiter folgenden Untersuchungen benutzt.

---

[1]) Bestehend aus: 1 Volum. Alkohol. absol.; 1 Volum. Eisessig; 2 Volum. Wasser.

Von noch grösserer Bedeutung als die bisher gefundenen Lösungsmittel des frischen Axencylinders, wurde für uns ein anderes Reagens, zu dessen Anwendung wir durch die schon vielfach hervorgehobene Aehnlichkeit des Axencylinders mit der sogenannten Muskelfibrille veranlasst wurden.

Die Frage, ob unter den Eiweisskörpern des Axencylinders einer mit dem im Sarkolemmaschlauch vorkommenden Myosin identisch sei, kann wohl als eine der wichtigsten in der physiologischen Chemie betrachtet werden. Dieselbe führte zu der Untersuchung des Axencylinders in Kochsalzlösungen, welche nach *Kühne* in einer Concentration von 5—10 % Lösungsmittel für das Myosin sind. Schon oben habe ich erwähnt, dass die Untersuchung der frischen Fasern mit verdünnten Kochsalzlösungen auf dem Objectträger ausser Gerinnungserscheinungen des Markes nichts Wesentliches zeigt. Unter der Einwirkung von stärkeren Kochsalzlösungen tritt eine nach der Concentration mehr oder weniger bedeutende Schrumpfung der Nervenfaser ein.

Legen wir nun frische gut zerzupfte Nervenfasern in die verschiedensten Kochsalzlösungen, deren Salzgehalt von einem pCt. bis zur vollständigen Sättigung schwankt, und untersuchen nach dem Auswaschen in Wasser und der Entmarkung durch Alkohol und Aether, so sehen wir in allen diesen Fasern den Axencylinder deutlich erhalten. Derselbe ist in den Kochsalzlösungen von stärkerer Concentration nicht unbeträchtlich geschrumpft; in den weniger starken lässt sich eine Differenz zwischen diesem und dem nur mit Alkohol und Aether behandelten nicht nachweisen. Da sich unter den NaCl-Lösungen auch solche von 5, 7½, 10 % befanden, so ist nach diesen Befunden eine Identität mit dem Myosin ausgeschlossen.

Erst beim Uebergang zu verdünnteren Kochsalzlösungen unter einem pCt. zeigten sich die ersten Spuren einer Einwirkung auf den Axencylinder. Legt man frische, gut zerzupfte Nerven-

Digitized by Google

fasern in eine Kochsalzlösung von 0,75 % und schreitet nach 24-stündiger Einwirkung zur Entmarkung und Untersuchung, so zeigt in einer Reihe von Fasern der Axencylinder ein Verhalten, das sich nur durch eine theilweise Auflösung erklären lässt. Man sieht, wie oft mitten in der Faser der mässig dicke Axencylinder sich verdünnt und mit fein auslaufender Spitze endigt; dann folgt ein Stück, in welchem derselbe vollständig fehlt, bis nach einer mehr oder weniger langen Strecke ein gleich feines, oft auch kolbiges Ende wieder das Vorhandensein anzeigt. Dabei ist die Faser im übrigen normal. An andern Fasern ist der Schwund des Axencylinders mehr an dem Schnittende zu constatiren. Doch enthält die grösste Anzahl der Nervenfasern entschieden noch deutlich einen Axencylinder.

Stärker ist schon die Einwirkung, welche der Nerv nach 48stündigem Liegen in der $^3/_4$ % Kochsalzlösung erleidet: Hier überwiegt in den gut zerzupften Fasern die Anzahl solcher, in welchen der Axencylinder gelöst ist. Legt man solche Fasern, welche 48 Stunden in dieser Kochsalzlösung gelegen haben, ohne sie zu entmarken, in die *Moleschott*'sche Lösung und untersucht nach längerem Liegen, so ist in dem grössten Theil der Fasern von dem breiten centralen Gebilde, wie es sich in frisch mit der Lösung behandelten darbietet, Nichts mehr zu sehen. Die Fasern sind wesentlich verschmälert, bieten dasselbe Bild, wie ich es schon bei der vorhergehenden Behandlung mit destillirtem Wasser erwähnt habe und enthalten eine grosse Menge feiner Körnchen; hier und da haben sich auch jene schon bekannten Stulpen gebildet, die jedoch jetzt nur um die innere meist zusammengefallene Scheide gelagert sind. Vereinzelte Fasern enthalten auch noch den breiten Axencylinder. Es ist somit in einem grossen Theil der Fasern der Axencylinder gelöst.

Noch rascher erfolgt das Verschwinden des Axencylinders in verdünnteren Lösungen. In $^1/_2$% und $^1/_4$% Kochsalz-

Digitized by Google

lösungen ist derselbe schon nach 24 Stunden vollständig verschwunden und ebenso in gewöhnlichem Wasser. Die Grenze der Löslichkeit dürfte nach diesen Untersuchungen wohl zwischen $^3/_4$ und einem 1 % NaCl liegen.

Dass diese leichte Löslichkeit des Axencylinders in Lösungen von Kochsalz, deren Gehalt etwa demjenigen der normalen Körperflüssigkeiten entspricht, uns sehr in Erstaunen setzte, ist wohl begreiflich. Ich werde auf weitere Ergebnisse aus diesen Befunden alsbald eingehen.

Zuvor möchte ich jedoch die Aufmerksamkeit auf eine Frage lenken, die sich an die Löslichkeit des frischen Axencylinders im Allgemeinen anschliesst. Dass aus diesem unter der Einwirkung von siedendem Alkohol eine unlösliche Modification, ein Coagulat, entsteht, habe ich schon erwähnt und es musste sich daran die Frage anschliessen, bei welcher Temperatur dieses Unlöslichwerden vor sich geht, d. h. der Axencylinder gerinnt.

Die Entscheidung dieser Frage war durch die erwiesenen Lösungsmittel für den Axencylinder ermöglicht.

Einige Vorversuche hatten gelehrt, dass die Lösung des Axencylinders bei höheren Temperaturen bis zu 45° C. in H_2O und den erwähnten NaCl-Lösungen schon innerhalb einer halben Stunde erfolgte.

Wurde nun ein frischer Nerv direct in $^1/_2$—$^3/_4$ % Kochsalzlösung von 50° C. eingelegt und die Flüssigkeit eine halbe Stunde auf derselben Temperatur erhalten, so ergab die Untersuchung nach dem Entmarken, dass der Axencylinder vollständig erhalten war und als schmales Band in der Faser verlief. Derselbe hatte sich auch während des Abkühlens und der weiteren Einwirkung des Reagens nicht mehr gelöst. Wurde an Stelle von Kochsalzlösungen destillirtes Wasser benutzt, so war jedoch nach halbstündiger Einwirkung einer Temperatur von 50° C. der Axen-

Digitized by Google

cylinder nicht erhalten, sondern gelöst. In destillirtem Wasser erfolgte die Gerinnung des Axencylinders erst bei einer Temperatur von 52° C. Dabei wurde der geronnene Axencylinder in keiner Weise von dem destillirten Wasser während des Abkühlens und durch längeres Liegen verändert. Die Gerinnungstemperatur des Axencylinders liegt sonach zwischen 50°—52° C. und differirt etwas nach den Untersuchungsflüssigkeiten.

Ausser durch höhere Temperaturen entsteht das Axencylindercoagulat aber auch durch einige Reagentien, die ich hier nur kurz anführe, da die Einzelheiten der Untersuchung uns zu weit führen würden.

So entspricht der Axencylinder von Nerven, die längere Zeit nur in kaltem Alkohol gelegen haben, vollständig dem unlöslichen Coagulat und ebenso wirken Chromsäure und die *Müller*'sche Flüssigkeit.

Kehren wir nunmehr zu einigen Fragen zurück, die sich aus der Untersuchung des Axencylinders mit Kochsalzlösungen ergaben.

Die leichte Löslichkeit des Axencylinders in Kochsalzlösungen, deren Procentgehalt demjenigen normaler Körperflüssigkeiten etwa gleich kam, musste entschieden auffallen.

Es wurde desshalb sogleich der Versuch gemacht, wie sich der Axencylinder zu der normalen Flüssigkeit selbst, zur Lymphe, verhalte.

Aus einer Anzahl Curarefröschen wurde eine genügende Menge Lymphe gewonnen und die aus frisch getödteten Fröschen entnommenen Nerven in diese eingelegt.

A priori war zu erwarten, dass sich der Axencylinder der Nervenfaser in der normalen Körperflüssigkeit vollständig gut erhalten werde, zumal ein Nervenmuskelpräparat, wie vielfach constatirt und leicht zu erweisen, in Lymphe viele Stunden erregbar bleibt. Dafür sprach ferner, dass sich am Nerven nach vielstün-

diger Einwirkung der Lymphe noch deutlich das normale electromotorische Verhalten nachweisen lässt. Doch gestaltete sich das Resultat anders, als wir erwartet hatten. Nach 24 Stunden wurde der erste Nerv aus der Lymphe entfernt und mit Alkohol und Aether entmarkt.

Die Untersuchung ergab nach der Färbung mit Hämatoxylin eine beträchtliche Differenz gegen den frisch entmarkten. An Stelle des schmalen centralen Fadens fand sich in vielen Fasern dieselbe gequollene, unregelmässig begrenzte, centrale Masse, wie sie sich ähnlich nach der Einwirkung von Essigsäure an der frischen Faser dargeboten hatte. Dieselbe war unter der nachträglichen Einwirkung von Alkohol und Aether sonach nicht geschrumpft. Doch fanden sich an diesem Präparat noch eine grosse Zahl Uebergangsstufen von dem anscheinend noch wenig veränderten Axencylinder bis zu den beschriebenen Formen. Nur in sehr wenigen vereinzelten Fasern liess sich an diesem, nur 24 Stunden der Einwirkung der Lymphe ausgesetzten Nerven ein Axencylinder oder ein Derivat desselben überhaupt nicht mehr nachweisen.

An Nerven, welche nach 48stündigem Liegen in Lymphe untersucht wurden, waren die Veränderungen schon weiter vorgeschritten. Es fanden sich an diesen schon mehr Fasern, welche den Axencylinder nicht mehr aufwiesen. Es waren allerdings noch Nerven mit etwas diffuserer Färbung und aufgequollenem centralem Inhalte vorhanden, die sich bei Untersuchung mit dem Immersionssystem von denselben Tags zuvor sichtbaren Gebilden nicht unterschieden. Doch überwogen bei diesen Nerven die anscheinend leeren Scheiden schon bedeutend.

Noch deutlicher traten diese Erscheinungen in denjenigen Nerven auf, die 72 Stunden (im Winter) in Lymphe gelegen hatten. Hier waren auch jene mehr diffus und schwach gefärbten, unregelmässig verbreiterten centralen Massen nicht mehr nachweisbar:

Digitized by Google

die inneren Scheiden machten hier den Eindruck vollständig leerer Hülsen.

Dass diese Einwirkung der Lymphe auf den Axencylinder für uns mehr als überraschend war, brauche ich wohl nicht zu erwähnen. Der Umstand, dass ein Nerv in Verbindung mit seinem Muskel in Lymphe Stunden bis Tage lang seine Erregbarkeit behält, hatte eine derartige Einwirkung keineswegs erwarten lassen. Diesem Erhaltenbleiben der Erregbarkeit des Nervmuskelpräparates in Lymphe entsprach aber noch eine weitere Thatsache. Bekanntlich treten nach der Durchschneidung und Trennung eines Nerven von dem Centralorgan in dem peripheren Stück jene Degenerationsvorgänge ein, in Folge deren der Nerv im Laufe einer Reihe von Tagen faradisch und galvanisch unerregbar wird, während sich im Muskel selbst jene Veränderung der Erregbarkeit vollzieht, welche *Erb* als Entartungsreaction bezeichnet hat. Doch sind zum Ablauf der Degeneration des Nerven beim Frosch stets einige Wochen nothwendig, während in den ersten 24 — 72 Stunden nach der Durchschneidung eine Veränderung nur an der Schnittstelle nachweisbar ist. Nach *Engelmann*[1]) findet im Lauf der ersten Tage eine Degeneration der Faser bis zum nächsten *Ranvier*'schen Schnürringe statt; aber abgesehen von diesem minimalen Stücke ist der Nerv vollständig erregbar und zeigt, wie ich mich beim Frosch stets zu überzeugen Gelegenheit hatte, einen deutlichen Axencylinder.

Allerdings lagen bei diesen einfachen Durchschneidungen die Verhältnisse insofern anders, als der Nerv hierbei noch mit seinem peripheren Endorgan, der Nervenendplatte im Muskel einerseits und dem sensibeln Endorgan andererseits in Verbindung war. Dass dem einen von diesen, der Nervenendplatte, ein Theil

[1]) *Pflüger*'s Archiv, Bd. XIII.

Digitized by Google

der Ernährung der Nervenfaser zufällt, hat *Kühne*[1]) schon vor längerer Zeit aus Versuchen mit Curare und Unterbindung der Muskelarterien geschlossen, eine Ansicht, die, wie ich[2]) gezeigt habe, auch beim Menschen in dem Verhalten der Nerven bei der Mittelform der Entartungsreaction ihre volle Bestätigung findet.

Diese Erwägungen führten zu der Frage, wie sich der Axencylinder innerhalb des Körpers selbst verhält, wenn der Nerv nicht nur vom Centrum, sondern auch vom peripheren Endorgan getrennt ist.

Es wurde desshalb bei einer Anzahl von Fröschen der N. ischiadicus doppelt durchschnitten und zwar in der Art, dass das obere Ende entweder nach dem Austritt aus dem Becken oder mit Eröffnung des Wirbelkanals in seinen Wurzeln durchschnitten wurde, das untere Ende kurz vor dem Eintritt in die Unterschenkelmuskeln in der Kniekehle. Mit Belassen des Nerven in dem Körper wurden die Hautwunden möglichst gut genäht.

Nach 24 Stunden wurde der erste Frosch getödtet und der Nerv mit Alkohol und Aether entmarkt, und nach je weiteren 24 Stunden die folgenden. Der erste Nerv, welcher 24 Stunden nach der doppelten Durchschneidung im Körper verblieben war, zeigte nach der Entmarkung und Färbung mit Hämatoxylin denselben gequollenen Axencylinder, wie der in Lymphe ausserhalb des Körpers einen Tag behandelte. Am Stärksten ausgesprochen war diese Veränderung nicht zu weit vom Schnittende, weniger nach der Mitte des resecirten Stückes, wo sie allerdings ebenfalls nicht zu verkennen war. Dabei muss man sich selbstverständlich vor Verwechselung mit solchen Fasern hüten, die sich oberhalb der Kniekehle vom Nervus ischiadicus trennen und demgemäss mit

---

[1]) Archiv f. Anatomie, Physiologie etc., von *Reichert* und *Du Bois-Reymond*, Jahrg. 1860.

[2]) Archiv f. Psychiatrie und Nervenkrankheiten, Bd. VIII, Heft 3.

Digitized by Google

ihrem peripheren Endorgan noch in Verbindung sind. Nahe dem Schnittende der Faser war aber der Process schon weiter vorgeschritten. Es fanden sich hier schon Fasern, in welchen keine gequollene Masse die Axencylinderscheide mehr ausfüllte.

Nach 48 und 72 Stunden war in der grösseren Mehrzahl der Fasern der Axencylinder verschwunden. Hauptsächlich war Dieses der Fall, wenn das Präparat von dem obern oder untern Schnittende genommen wurde; mehr nach der Mitte eines langen resecirten Stückes waren noch mehr Reste des Axencylinders nach zwei und auch drei Tagen vorhanden.

In kurzen 10—20 mm. langen Stücken eines Nerven liess sich nach 72 Stunden in der Regel keine Spur eines Axencylinders mehr nachweisen. Dass dieser Process nicht mit der einfachen Degeneration des Nerven verwechselt werden darf, bei welcher die Faser im Laufe von 2—3 Tagen etwa bis zum nächsten *Ranvier*'schen Schnürring abstirbt, brauche ich wohl kaum hinzuzufügen[1]).

Diese Löslichkeit des Axencylinders in Lymphe und im Körper selbst dürfte für unsere Auffassung von den Ernährungs-

[1]) Ich muss hier noch auf zwei Versuche aufmerksam machen, welche *Ranvier* kurz in seinen Leçons erwähnt. Einmal durchschnitt er den N. ischiadicus doppelt und liess das resecirte Stück an seiner Stelle, und dann führte er das herausgeschnittene Stück in die Peritonealhöhle ein und liess es hier drei Tage. Aus dem Verhalten des Markes und der Kerne bei der Untersuchung glaubte *Ranvier* schliessen zu müssen, dass der Process bei doppelter Durchschneidung mit demjenigen der einfachen Degeneration identisch sei. Diese Anschauung *Ranvier*'s dürfte durch obige Versuche vollständig erledigt sein. Wenn ich im Text nicht näher darauf eingegangen bin, so geschah es einerseits desshalb, weil meine Arbeit in der jetzigen Fassung schon fast abgeschlossen war, als mir *Ranvier*'s Werk zugänglich wurde, andererseits, weil ich auf Grund der neugewonnenen Gesichtspunkte über den Axencylinder dazu geführt wurde, die Vorgänge bei der Degeneration der Nervenfasern einer erneuten Prüfung zu unterziehen. Bei Mittheilung der Resultate dieser Untersuchung werde ich Gelegenheit nehmen, auf die *Ranvier*'sche Anschauung zurückzukommen.

Digitized by Google

vorgängen in den nervösen Leitungsbahnen von wesentlicher Bedeutung sein. Jedenfalls ist durch diesen Versuch die Annahme einer Selbstständigkeit des Axencylinders in Beziehung auf Ernährung und Absterben ausgeschlossen. Wir müssen in Betreff einer ständigen Ernährung des Axencylinders somit hauptsächlich auf die Endorgane recurriren, und zwar sowohl auf die centralen, als auf die peripheren.

Sind auch unsere Kenntnisse der degenerativen Veränderungen nach Nervendurchschneidungen noch in keiner Weise abgeschlossen, so steht doch soviel fest, dass das centrale Ende eines Nerven bis auf geringe Veränderungen an der Schnittfläche lange Zeit vollständig normal bleibt. Dass sich in späterer Zeit, wahrscheinlich in Folge des Nichtgebrauches, auch hier Veränderungen einstellen, können wir als für unsere jetzigen Fragen unwesentlich übergehen. Jedenfalls aber beweist dieses Erhaltenbleiben des centralen Endes eines Nerven, in Verbindung mit unsern Resultaten, dass die Endorgane der Axencylinder in den Centralorganen, die Ganglien des Rückenmarks zur Ernährung des Axencylinders ausreichen. Was das periphere Stück eines einfach durchschnittenen Nerven betrifft, so tritt hier jene bekannte Degeneration ein; aber bei diesen verhältnissmässig langsam verlaufenden Degenerationen bleibt der Axencylinder doch eine Reihe von Tagen erhalten. Und dem entsprechend bleibt auch der Nerv, wenigstens in seinem grössern Theil, eine Reihe von Tagen erregbar. Wenigstens lässt sich von den motorischen Fasern aus noch lange eine Zuckung im Muskel auslösen. In den sensibeln Fasern lässt sich die Leitung der Erregung selbstverständlich nicht nachweisen; aber auch deren Axencylinder bleibt erhalten.

Somit müssen wir einen Theil der Ernährung der Axencylinder auch den peripheren Endorganen, an den Nervenendplatten in den Muskeln einerseits, und den sensibeln Endorganen andrerseits zuschreiben. Da aber die Nerven trotz der Ernährung von

dieser Seite her degeneriren, so fällt mit der Trennung von dem Centralorgan noch ein Einfluss fort, den wir entweder in einer gewissen Regulation der Ernährung suchen können, oder indem wir annehmen, dass die Ernährung durch diese diejenige der peripheren Endorgane übertrifft und letztere daher nur eine gewisse Zeit die gesammte Arbeitslast übernehmen können.

Allerdings kann diese Anschauung einer Ernährung der Nervenfasern nicht als neu bezeichnet werden. Schon oben habe ich erwähnt, dass *Kühne* aus experimentellen Untersuchungen zu demselben Resultat gekommen ist, und dass diese Resultate auch in der Neuropathologie volle Bestätigung finden.

In neuester Zeit sind aber von *Ranvier*[1]) die Ernährungsvorgänge im Nerven anders aufgefasst worden.

Ranvier hat bekanntlich an Silber-Präparaten zuerst den bekannten Schnürring nachgewiesen. Er glaubte, dass an diesen Stellen das Mark vollständig fehle und fand diese Ansicht auch durch einige andere Reagentien, von welchen ich oben schon die Osmiumsäuren erwähnt habe, bestätigt. Da an diesen Schnürringen krystalloïde Substanzen, wie Lösungen von Argentum nitricum u. s. w. leicht nach dem Innern der Faser diffundirten, so schloss *Ranvier*, dass auch im lebenden Nerven hier eine Diffusion statthabe, und dass von hier aus die Ernährung des Axencylinders erfolge.

Ich habe schon oben darauf hingewiesen, dass aus den Markunterbrechungen, wie sie in verschiedenen Reagentien hervortreten, das Vorhandensein dieser in der lebenden Faser noch keineswegs geschlossen werden darf. Noch ungerechtfertigter aber dürfte es sein, aus postmortalen Diffusionen, wie sie nicht nur an dem Schnürringe, sondern auch an andern markleeren Stellen auftreten,

---

[1]) Recherches sur l'histolog., Arch. d. Physiol., Tome IV, 1871—72; ferner: Leçons sur l'histol. du système nerveux, Paris 1878.

auf solche in der lebenden Faser zu schliessen und darauf eine Hypothese über die Ernährung des Axencylinders zu bauen.

Die Thatsache, dass der Axencylinder nach der Trennung von seinem centralen und peripheren Endorgan einem raschen Zerfall anheimfällt, beweist wohl vollständig, dass demselben eine Selbstständigkeit der Ernährung nicht zukommt.

Bei der seitherigen Untersuchung habe ich von einer Frage fast ganz abgesehen, die seit *M. Schultze*'s bekannter Arbeit in der Histologie der Nervenfaser eine grosse Bedeutung erlangt hat. Sie betrifft die angeblich fibrilläre Structur des Axencylinders.

Eine grosse Anzahl Forscher schloss sich dieser Ansicht über die Zusammensetzung des centralen Gebildes der Primitivfaser an; Andere sprachen sich dagegen aus. Doch fehlte eine Erklärung für die Bilder, wie sie nach Argentum nitricum auftreten, vollständig, bis *Kuhnt*, nach dem sichern Nachweis der Axencylinderscheide die fibrilläre Zeichnung auf eine Faltenbildung und Färbung dieser zurückführte. Er führte für diese Anschauung einige wichtige Gründe an.

Dass eine fibrilläre Streifung auch nach Auflösung des Axencylinders an der Scheide desselben hervortritt, habe ich schon oben beiläufig erwähnt. Nervenfasern, deren Axencylinder durch 24stündige Einwirkung von destillirtem Wasser gelöst sind, zeigen im Innern der Faser, an Stelle des anfänglich gequollenen Axencylinders, ein schmäleres Gebilde mit deutlichen Längsstreifen.

Dieser Befund legte es nahe, Fasern, deren Axencylinder gelöst war, unter der Einwirkung von Argent. nitr. zu untersuchen. Durch die Lösung im Körper nach der doppelten Durchschneidung schien die Möglichkeit der Färbung wenigstens ebenso vorhanden, wie für andere frische Präparate.

Digitized by Google

Zu diesem Zweck wurde der doppelt durchschnittene N. ischiadicus eines Frosches nach 4tägigem Verbleiben in dem Körper, gut zerzupft, der Einwirkung von Arg.-nitr.-Lösung ausgesetzt und nach gutem Auswaschen dem Sonnenlicht exponirt.

Nach längerer Einwirkung von absolutem Alkohol und Einbetten in Canadabalsam zeigte das Präparat dieselbe Zeichnung, wie die frischen, ihren Axencylinder enthaltenden Fasern. Man sieht an den Schnürringen dieselben schwarzen Kreuze, wie sie *Ranvier* zuerst dargestellt hat; und von ihnen aus lässt sich deutlich der angebliche Axencylinder mit den abwechselnden dunkeln und hellen Querstreifen, hie und da auch mit fibrillären Längsstreifen in der ganzen Länge der Faser bis zum Schnittende verfolgen. Die Färbung gelang mir stets gut, auch an Fasern, die nur drei Tage, oder auch längere Zeit, bis zu sechs Tagen im Körper verblieben waren. Dabei überzeugte ich mich durch Controlpräparate stets, dass der Axencylinder wirklich verschwunden war.

Damit ist auf das Evidenteste bewiesen, dass der mit Argentum nitricum seither deutlich gemachte centrale Theil der Faser unmöglich der Axencylinder sein kann, dass also alle aus der Behandlung mit dem Silberreagens entstandenen Angaben über die Structur des Axencylinders, die fibrilläre Zusammensetzung einerseits, und die nervous elements *Schmidt*'s [1]), sowie die disques *Grandry*'s [2]) andererseits, nur aus der Färbung anderer Gebilde entsprungene Irrthümer sind.

Heidelberg, den 1. August 1878.

---

[1]) *Monthly*, microscop. journ. 1874, XII.

[2]) Bulletin de l'academie royal de Belgique, T. XXV.

Digitized by Google

Zur Histologie der motorischen Nervenendigung.

Von **W. Kühne.**

(Mit sieben Holzschnitten.)

Durch die Arbeiten der letzten Jahre sind die vor geraumer Zeit von mir beschriebenen Formen der motorischen Nervenendigung erfreulicher Weise soweit bestätigt, dass dieselben der experimentellen physiologischen Bearbeitung als Grundlage zu dienen beginnen. Es ist den Methoden des Versilberns und Vergoldens zu danken, dass die im Ueberleben und Absterben immer noch schwer erkennbaren Bilder der intramuskularen Nervenverästelung heute allgemeiner bekannt geworden und dass es nur Wenige mehr giebt, welche nicht den Hauptresultaten jener Untersuchungen zustimmten. Darnach giebt es zwei Arten oder Typen der Nervenendigung, die eine nur bei den Amphibien (vielleicht auch bei den Fischen, mit Ausnahme der Rochen) vorkommende, mit weniger verästelten aber verhältnissmässig lang gestreckten Axencylindern von nahezu unveränderlichem Querschnitte (auch blasse Terminalfasern, französisch: „tiges“ oder „fibres pâles“ genannt), welche ich zuerst am Frosche beobachtete, die andere später von mir in den Nervenhügeln der Reptilien und Säuger gefundene, in Gestalt einer gelappten, durch vielfache Verästelung in sich zurückrankenden, stellenweise Anastomosen bildenden Platte. Die letztere ist in den ersten Minuten des Ueberlebens von so ausserordentlicher Durchsichtigkeit und von

Digitized by Google

ihrer Umgebung wenig verschiedenen Lichtbrechung, dass sie von Manchen ganz geleugnet, oder wegen des erst im Absterben deutlicheren Hervortretens für ein blosses cadaveröses Product genommen wurde, während man von anderer Seite zu verstehen gab, das Bild sei durch geronnenes in den *Doyère*'schen Hügel getretenes Nervenmark vorgetäuscht. Da meine ursprüngliche Angabe über die Veränderlichkeit und Zunahme der Lichtbrechung in der Platte nach dem Tode soeben wieder Bestätigung gefunden und die Goldmethode inzwischen auch Diejenigen für die reale Existenz der Platte eingenommen hat, welche nach den Versilberungsbildern noch Zweifel hatten, so darf wenigstens Dies für erledigt erachtet werden, dass nicht nur zwischen meinen Angaben über das ausschliessliche Vorkommen sog. blasser Terminalfasern bei den Amphibien und solchen Angaben, welche diese von mir gefundene Form intramuskularer Axencylinder den Nervenhügeln der übrigen Thiere ebenfalls zuschrieben, keine Gemeinsamkeit besteht, sondern dass auch das Object in Wahrheit Nichts davon zeigt. Der Unterschied zwischen meiner Darstellung der Platte im Nervenhügel und derjenigen, welche darin blasse Terminalfasern sah, ist grösser, als der zwischen einem entlaubten Weidenaste und dem Schaufelgeweihe des Damhirsches.

Eine der Darstellungsweisen der motorischen Nervenendigung mittelst der Vergoldung, habe ich die Freude gehabt, unter meinen Augen entstehen zu sehen (vergl. *A. Ewald*. *Pflüger*'s Archiv Bd. XII., S. 529), während ich durch die Güte des Verfassers der andern, die Vergoldung lehrenden Abhandlung (*E. Fischer*, Arch. f. mikroskop. Anat., Bd. XIII, S. 365) Gelegenheit fand, auch die nach der *Löwit*'schen Methode erhaltenen Präparate, namentlich von Säugern und Vögeln zu sehen und mit den sehr getreuen Abbildungen des Autors zu vergleichen. Weniger bekannt, als diese werthvollen Arbeiten, dürfte die neueste wieder mit der Silbermethode durchgeführte Untersuchuug von *Ciaccio*

Digitized by Google

(Mem. d. Accad. d. Sc. d. Inst. d. Bologna, Ser. III, Tom. VIII, 17. Mag. 1877) geworden sein, welche an dem vermuthlich günstigsten Objecte der Muskeln von Torpedo, wo *Trinchese* die Untersuchung schon mit manchem Erfolge begonnen, zu genau denselben, meine auf die Reptilien und Säuger bezüglichen Angaben bestätigenden Resultaten gelangt, wie vor 14 Jahren *Cohnheim*. Ich selbst kann behaupten, den Gegenstand seitdem niemals verlassen zu haben, und da mir die inzwischen erworbenen Erfahrungen über die Hornscheiden der Nervenfasern eine Untersuchung der freien Axencylinder in den Endigungen, oder deren Umformungen in den Muskeln, auf jenen verbreiteten Bestandtheil des Nervensystems zur Pflicht machten, so darf ich hoffen, dass einige daran anknüpfende Mittheilungen über die motorische Nervenendigung willkommen sind.

Besitzen die intramuskularen Nerven Scheiden?

Verdauungsversuche an Muskeln mit Nervenenden angestellt, zeigten vollkommene Zerstörbarkeit des ganzen marklosen intramuskularen Antheiles; da die Methode jedoch den Eigenthümlichkeiten des Objectes wenig entsprach, habe ich mich noch eines zweiten Mittels bedient, das für die innere Hornscheide (Axencylinderscheide von *Remak* und *Kuhnt*) vortreffliche Dienste leistete und sich für den vorliegenden Zweck leicht auf die Muskeln ausdehnen liess. Dasselbe besteht in der von *Moleschott* auch zur Isolirung von Axencylindern u. A. angegebenen Mischung von 1 Vol. Eisessig mit 1 Vol. Alkohol und 2 Vol. Wasser, welcher der Erfinder bereits nicht zu viel nachgerühmt hat. Es gelang mir leicht, von Nerven, die 8—14 Tage darin verweilt hatten, die Axencylinder auf so lange Strecken wohl erhalten zu isoliren, wie es *Moleschott* angibt, ich fand aber, dass sie in der Regel bekleidet von der inneren Hornscheide, die sie nicht mehr ganz erfüllen, zum Vorschein kommen. Die Scheiden sind oft

Digitized by Google

besetzt mit seitlichen Anhängen oder Stücken der Stulpen, welche den mit Mark gefüllten Abtheilungen der Nervenfaser entsprechen, die von *Schmidt* und *Lantermann*, *Key* und *Retzius* u. A. entdeckt und beschrieben worden. Da die in Fig. 1 gezeichneten Anhängsel weder durch Chloroform, noch auf dem Objectträger durch Trypsin- oder Pepsinverdauung veränderlich sind und durch Aetzkali von 5—10 pCt. ohne Erwärmen in einigen Stunden nicht aufgelöst werden, so ist die Verschiedenheit dieser Hüllen von Myelin- oder Albuminstoffen des Markes und die Identität mit dem Neurokeratin der inneren Hornscheide und der anhaftenden Bruchstücke des Hornnetzes ausser Zweifel.

Fig. 1.

Innerhalb seiner Hornscheide ist der Axencylinder nach blosser Behandlung mit *Moleschott*'s Mischung als ein besonderer Strang gut zu erkennen. Beständen nun die motorischen Nervenplatten, oder die blassen Terminalfasern der Amphibien aus einem nervösen Inhalte mit umgebender Hornscheide, so wäre ein entsprechendes, wenigstens stellenweise zwei Contouren zeigendes Bild im Nervenhügel, oder im Froschmuskel zu erwarten. Ich habe indess an den Muskeln der Eidechsen niemals etwas davon bemerken können, obschon es mir oft gelang, die freilich nach längerer Einwirkung des Reagens sehr schmal gewordene Platte mit ihren Verästelungen über dem hellen Muskelinhalte und der ebenfalls recht durchsichtig gewordenen Plattensohle, deren Kerne stark geschrumpft waren, zu erblicken. Die Contouren erschienen überall einfach. Da sich die intramuskularen Nerven beim Frosche nicht anders verhielten, muss ich mit *Ewald* schliessen, dass die an Goldpräparaten der Frosch- und Eidechsenmuskeln zuweilen be-

Digitized by Google

merkten helleren Säume, welche die tief gefärbten Ausbreitungen des Axencylinders umgeben, nicht auf wirkliche Scheiden zu beziehen sind, sondern auf Ansammlungen eines formlosen, durch Gold nicht zu färbenden Materials, um die zusammengeschrumpften nervösen Antheile. Die genannten Bilder zeigten sich öfter an vergoldeten Endplatten der Eidechse, welche Herr *Borel* aus Neuchâtel im hiesigen Laboratorium in grosser Zahl und Vollendung hergestellt hatte, aber wir haben uns auch an diesen Präparaten nicht überzeugen können, dass die äussere, zum Muskel oder zur Plattensohle gerichtete Grenze jemals bestimmt genug gewesen wäre, um auf eine häutige Umhüllung schliessen zu lassen. Allerdings halte ich die Frage damit nicht für erledigt, denn es liegt immer noch die sehr bestimmte Angabe über intramuskulare, sogar mit Kernen versehene Axencylinderscheiden bei Torpedo von *Trinchese* vor (Journ. de l'Anat. et de la Physiol. 1867, p. 485), über welche ich bei meiner Unbekanntschaft mit diesem Objecte kein Urtheil besitze. Was ich in den Jahren 1868—1871, gelegentlich eines Aufenthaltes in Holland, an freilich nie im genügend frischen Zustande erreichten Exemplaren von *Raja* zu sehen bekam, sprach eher für, als gegen die Richtigkeit von *Trinchese*'s Beobachtungen. Somit bleibt mir nur Sicherheit hinsichtlich des einen Umstandes, dass die motorischen Nerven nur soweit Hornscheiden besitzen, als deren Markscheide reicht und von dieser erwies ich bekanntlich früher, dass sie sich genau bis zum Durchtritte durch das Sarkolemm, oder die Hügelmembran, niemals weiter erstreckt, ein Umstand, dessen auch *Ranvier* (Leçons: Syst. nerv. II, Paris 1878) in seiner sehr ausführlichen Schilderung dieser Verhältnisse gedenkt.

Gestalt und Bau der Endplatten.

Trotz der Pracht und Deutlichkeit gut gelungener Vergoldungspräparate glaube ich warnen zu sollen, dieselben hinsicht-

Digitized by Google

lich der an der Platte zu constatirenden wichtigen Einzelheiten für ganz massgebend zu halten. Es mögen zwar manche nach *Gerlach*'s oder *Ewald*'s Verfahren gewonnenen Objecte die Platte in Gestalt und Grösse nahezu dem leidlich frischen Zustande entsprechend zur Anschauung bringen, die meisten thun es dagegen sicher nicht, am Wenigsten die nach *Löwit*'s Methode hergestellten, obgleich auch unter diesen Manches kaum zu bemängelnde vorkommt. *Fischer*'s Abbildungen (l. c. Taf. XXV, Fig. 11, *A B C*, Taf. XXVI, Fig. 12, 13) zeigen zum Theil deutlich, dass die Methode oft starke Einkerbungen und vollkommene Abschnürungen ganzer Lappen erzeugt, und ich habe dieselbe Erscheinung nicht nur nach diesem, sondern auch nach jedem anderen Vergoldungsverfahren häufig in solchem Grade auftreten sehen, dass von der Platte Nichts im Nervenhügel kenntlich blieb, als eine Anzahl völlig voneinander getrennter, tief gefärbter Kugeln oder keulenförmiger Gebilde. Den intramuskularen Axencylindern der Amphibien fehlt bekanntlich nach der Vergoldung ebenfalls zuweilen das glattere Ansehen des frischen Zustandes und es treten daran dieselben unvollendeten oder totalen Abschnürungen, oft unter Vorstülpung seitlich anhaftender Knöpfchen auf. Können so unzweifelhaft continuirliche Gebilde, deren Zusammenhang Jeder zugibt, zerklüftet und gesprengt werden, so darf man sich nicht wundern, wenn die Methode hinsichtlich der wichtigen Frage, ob die Platte Anastomosen besitzt, in vielen Fällen den Dienst versagt. Bei der Silbermethode sind jene Abschnürungen, die ganze Theile der Platte ersichtlich aus jeder Verbindung mit ihren Wurzeln lösen, bis jetzt weniger, meist erst nach späterer Misshandlung beachtet, es ist daher natürlich, dass sie die Anastomosen fast immer, zum Mindesten viel häufiger zeigt, als es die Goldpräparate ahnen lassen, und dass sämmtliche Forscher, die sich ihrer bedienten (*Cohnheim*, *Ewald*, *Ciaccio*), dieselben beschreiben

und abbilden. Umgekehrt kann in der gelegentlichen Erhaltung der Anastomosen nach dem Vergolden nur ein starker Grund für ihre Præexistenz gefunden werden, da man von einem Mittel, das natürliche Verbindungen trennt, nicht füglich annehmen kann, dass es neue anknüpfe; Niemand wird daher zweifeln, auf wessen Seite er zu treten habe, wenn die Goldmethode, wie es bei der Bearbeitung der motorischen Nervenendigung und der elektrischen Endplatten von Torpedo vorgekommen, dem einen Beobachter die Anastomosen zeigte, dem andern nicht.

In vieljähriger Vertrautheit mit dem Gegenstande bin ich nach Vergleichung der im Nervenhügel innerhalb aller Stadien des Ueberlebens auftretenden Figuren immer wieder zu der Ueberzeugung gekommen, dass man die Endplatte im allerfrischesten Zustande bereits angedeutet findet, obschon ich mich vergeblich bemühen würde, den Anblick durch Zeichnungen ganz meinen Wünschen entsprechend wieder zu geben. Heute, wo nach den Goldpräparaten Niemand mehr an der Existenz der Platte zweifelt, scheint darauf vielleicht nicht viel mehr anzukommen, ich muss aber Gewicht darauf legen, weil die bekannter gewordenen Bilder der durch vielerlei Einflüsse daraus entstandenen Umwandlungen erst verständlich werden und den vollen Werth erlangen, wenn man die frische Platte kennt.

Das beste Mittel, den allerfrischesten Zustand zu beobachten, scheint mir immer noch in der Verwendung überlebender Eidechsenmuskeln bei niederer Temperatur zu liegen, indem man zwischen Eisstücken schon im Leben abgekühlten Thieren die kaum mehr reagirenden und darum besonders glatt zu zerfasernden Muskeln entnimmt und nach dem Einlegen in ebenfalls gekühlte physiologische Salzlösung durch alle Stadien der Wiedererwärmung und der rückkehrenden Reactionsfähigkeit untersucht. Die Platte erscheint dann entweder, je nach der Unterlage, nicht contourirt, wie ausgespart, oder mit verwischten Umrissen versehen, und in

Digitized by Google

der ersteren Weise begrenzt, wo die feinkörnige Sohle sie umrahmt, in der letzteren, wo der gestreifte Muskelinhalt die Nachbarschaft bildet; es können also nur diejenigen Platten in ihrer ganzen Ausdehnung das Bild eines ausgesparten Musters geben, deren Ränder sämmtlich von Sohlensubstanz überragt werden, was der weniger häufige Fall ist. Ich habe einen solchen in Fig. 36 b, S. 159 des *Stricker*'schen Handbuches abgebildet. In den meisten und gerade in solchen Fällen, welche wegen geringerer Complication der von der Platte erzeugten labyrinthischen Zeichnung zur Orientirung den Vorzug verdienen, nimmt die Kerne führende, punktirte Sohle nicht die ganze untere Fläche der Platte ein, so dass dieselbe nur an einigen Stellen von dieser, an vielen anderen direct von Muskelsubstanz begrenzt wird. Folge davon ist das Auftreten von Contouren, wenn auch diffusen, die den zu unbelegter Muskelsubstanz gewendeten Rand eines Lappens in anderer Weise, als die übrigen von der Sohle überragten, und namentlich die Wurzeln der Platte an der zutretenden markhaltigen Nervenfaser, wo die Sohle häufig fehlt oder zu schmal ist, leidlich scharf, die daraus entspringenden Lappen durch den Gegensatz noch verwaschener erscheinen lassen. Wo man das erstere sieht, kann ein breiter Lappen für eine schmale Faser, nicht breiter, als es dessen einer Contour ist, oder bei Beachtung auch des andern Randes für das Bild von zwei solchen am Ende einander zustrebenden Fasern, gehalten, wo das letztere vorliegt, ein kurzer und nicht selten natürlich auch mässig verästelter Stummel, für das ganze Nervenende genommen werden, der in Wirklichkeit nur die Wurzel eines sich reich entfaltenden Plattenlappens ist. Erwägt man hierzu, dass ein nicht körnig begrenzter Rand oft stellenweise wieder seitlich von Ausbuchtungen der Sohle überragt wird, so begreift man das thatsächlich zu beobachtende, anfänglich so räthselhafte Abbrechen und Wiederauftauchen der genannten Contouren. Ich glaube, dass ich nie-

Digitized by Google

mals von diesen Bildern zur Erkenntniss der wirklichen Gestalt der Platte gelangt wäre, wenn ich nicht zeitig auf die selteneren, verhältnissmässig einfachen Formen (vergl. Taf. XIV, Fig. 4, *Virchow*'s Archiv, Bd. XXIX) gestossen wäre, welche solche Muskelfasern darbieten, die kaum eine Prominenz am Orte des Nervenzutrittes und jene mehr langgestreckten Verästelungen einer mässig gelappten Platte besitzen, und wenn ich nicht an den verwickelteren die Entstehung der cadaverösen Veränderungen nach Form und Lichtbrechung verfolgt hätte.

Indem ich die letztere Untersuchung wieder aufnehme, muss ich vor Allem den Irrthum hervorheben, in den das Verkennen der oben erörterten Ueberlebensbilder führt. Wer die anscheinend kurzen und zu schmalen Contourzeichnungen für die der ganzen Platte nimmt, muss selbst dann noch, wenn er die im Laufe der Contouren fehlenden Stücke ergänzt, die Platte für weniger umfangreich, hauptsächlich für viel schmäler halten, als sie ist. So sind die nach meinen Publicationen von Anderen veröffentlichten Bilder von Nervenhügeln entstanden, welche den darin vermeinten blassen Terminalfasern wohl die reichere, eigenartige, in sich zurückneigende Verästelung (franz.: „arborisation") im Sinne einer Zustimmung zu meiner Auffassung ertheilen, aber von der Ausbreitung in Lappen Nichts erkennen lassen. Ich kenne keine Nervenhügel mit so schmalem Geäste, bei so mächtiger Sohle, wie die von *Frey* (Handb. d. Histol., 5. Aufl., S. 348) als ausdrückliche Bestätigung meiner Angaben abgebildeten, aber ich verstehe, wie die Platte dazu gekommen, in der von *Frey* als „geweihförmige" Figur bezeichneten Weise dargestellt zu werden und zweifle kaum, dass der Autor, bei erneutem Eingehen auf den Gegenstand, zu weiterer Uebereinstimmung mit mir gelangen wird.

Hält man die Verzweigungen der Platte im Ueberleben für schmäler, als sie sind, so kommt man zu der durch keine Beobachtung zu unterstützenden Annahme, dass sie durch Absterben,

Digitized by Google

ja selbst unter der Einwirkung von Goldsalzen, oder von verdünntem Alkohol, grösser, besonders breiter werden. Man vergleiche die Zeichnungen *Ewald*'s (l. c. Taf. VII, Fig. 9 u. 10), *Fischer*'s und *Ranvier*'s (Leç. II, Taf. VII, Fig. 2) von vergoldeten Endplatten, mit der vorgenannten, und selbst mit *Ranvier*'s (l. c. Taf. VIII, Fig. 1) eigener Abbildung eines frischen Präparates, und man wird das Volumen der gehärteten Platten überall grösser finden, als das der frischen.

Zur weiteren Erörterung der am motorischen Nervende beachtenswerthen Einzelheiten möge die Abbildung, Fig. 2, eines ohne Reagentien hergestellten Präparates dienen. Dieselbe stellt vielleicht das beste und klarste Object dieser Art vor, das mir jemals zu Gesichte gekommen und ich kann behaupten, dass keine Linie des Holzschnittes abweicht von der Copie, die ich davon mittelst des Zeichenprismas in der objectiven Weise anfertigte, dass ich die Bleifederspitze nur im Anfange des Nachziehens leidlich erkannte. Wenn man bei dieser Art zu zeichnen, die Linien nachträglich continuirlich und nach so verwickeltem Verlaufe glatt in sich zurückkehrend findet, empfängt man die grösste überhaupt erreichbare Sicherheit über die Treue der Copie, die ich übrigens in diesem Falle noch durch das Zeugniss mehrerer competenter Beobachter verstärken konnte. Ich habe die

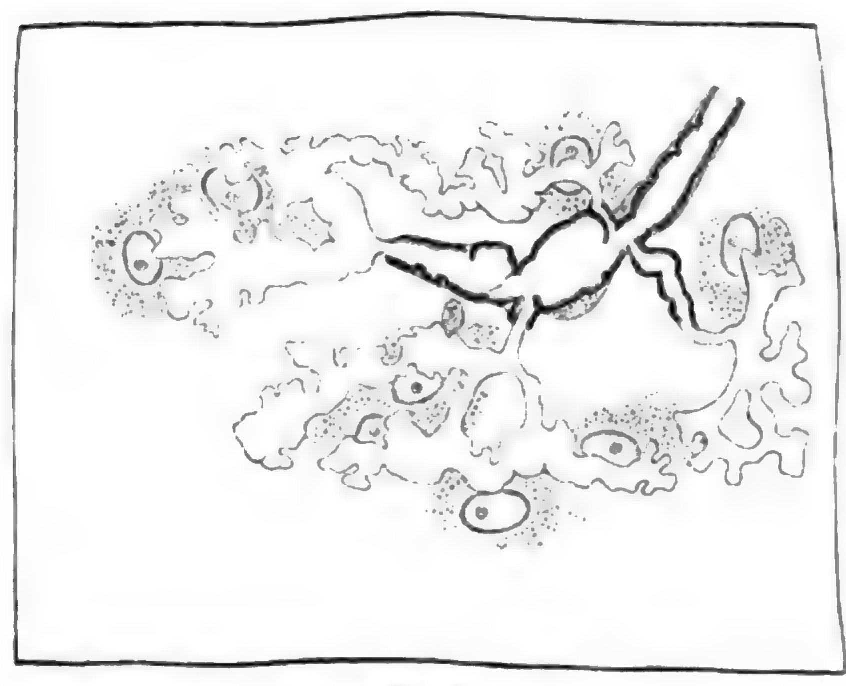


Fig. 2.

Digitized by Google

Figur nach einer vollkommen isolirten Muskelfaser aus dem Oberschenkel von Lacerta muralis mehrere Male hintereinander gezeichnet, zuerst so, dass ich das Bild aus den vorerwähnten unvollkommenen Andeutungen zu construiren suchte. Doch blieben mir im ersten Stadium die Gestalten des in der Figur unteren Theiles der Platte, namentlich die dort befindliche Anastomose unklar und von dem kleinen rechts befindlichen Lappen sah ich fast Nichts. Der Holzschnitt entspricht dem etwa $^1/_2$ Stunde nach Herstellung des Präparates sichtbar Gewordenen, woran ich die an einzelnen Stellen stärker in die Lappen einspringenden Ränder für den Ausdruck nicht mehr normaler Falten und Einkerbungen halte. Die ganze Zeichnung, verglichen mit den zuvor entworfenen, hat mich sehr entschieden überzeugt, dass die anfangs festzustellenden Grenzen jedes Lappens weiter von einander liegen, als die später schärfer hervortretenden, dass die Platte also im gewöhnlichen Absterben schon etwas schmäler wird.

Von Einzelheiten des Bildes wäre Folgendes zu erwähnen: Die zutretende Nervenfaser auf dem Sarkolemm zeigt eine den Endbüschen der Amphibien ähnliche Verzweigung in kurze markhaltige Aeste, so dass die Platte aus 4 erkennbaren Wurzeln entspringt. Dies ist bekanntlich bei Lacerta nicht immer der Fall, da sogar Platten mit einer einzigen Wurzel nicht selten sind. Doch unterliegt man darin leicht Täuschungen, denn ich habe Nervenhügel gesehen mit anscheinend zwei- bis dreiwurzeligen Platten, wo man bei genauerer Betrachtung 7—9 sehr kurze und schmale markhaltige Aestchen, zum Theil erst aus nacheinander folgenden Theilungen hervorgegangen fand. An dem extramuskularen Nerven finden sich Kerne, Bindegewebskerne der *Schwann*'schen Scheide und auf der Oberfläche des Hügels zwei ebensolche dessen in das Sarkolemm fortlaufender Membran angehörig. Diese von *W. Krause* gefundenen und als Kerne der Bindegewebsmembran bezeichneten Körper (franz.: „noyaux de l'arbo-

Digitized by Google

risation") kommen den Hügeln in sehr verschiedener Anzahl zu.

Alle Theile der Endplatte entspringen aus schmäleren Wurzeln, wie die Abbildung zeigt, von verschiedener Länge. Die Lappen der Platte bilden durch Kerben wieder mehrere kleinere, secundäre Läppchen und diese sind in ebenso auffallender Weise vielfach gegeneinander gerichtet, wie es die primären sogar verschiedener Wurzeln sind, so dass eine Aehnlichkeit mit Terrains entsteht, die früher mit einander verbunden, durch spätere Gewalten getrennt worden. An drei Stellen sieht man Anastomosen der Lappen, von welchen die rechts befindliche, welche Lappen derselben Wurzel verbindet, als unecht, als ein Loch in der Platte bezeichnet werden könnte. Diese anscheinende Wiederverbindung bereits getrennter Nervenfasern wird von Manchen als an Endschlingen erinnernd bezweifelt, oder für Täuschung durch Uebereinandergreifen erklärt. Ich zweifle nicht an dem Vorkommen des letzteren, da der Nervenhügel häufig hoch genug ist, um mehrstöckige Platten zuzulassen, aber ich finde auch da Stellen, wo auf den Brücken keine Linie zu sehen ist und kein Einstellungsversuch anschlägt, woraus Widersprüche gegen echte Anastomosen hervorgingen. Unter den Lappen der Platte liegen die bekannten Kerne des Nervenhügels (franz.: „noyaux fondamentaux"), umgeben von feinkörniger Substanz (Protoplasma), das schon an den frischesten Präparaten meist helle, die Kerne umgebende Höfe einschliesst. Man sieht diese Sohle in dem in Fig. 2 dargestellten Falle nicht gleichmässig unter der Platte verbreitet; sie liegt zum Theil unter den Lappen versteckt, zum Theil breitet sie sich daneben unter dem Sarkolemm weiter aus, aber niemals umwallt sie die Ränder der Lappen oder legt sich zwischen diese und die Hügelmembran. Es ist daher unrichtig, wenn gesagt wird, das Geäste sei in die genannte Masse vergraben. Einzelne Lappen endlich entbehren derselben ganz und

Digitized by Google

berühren den Mantel des contractilen Cylinders direct. Obwohl dies letztere nicht allen Endplatten der Reptilien eigenthümlich ist, verdient es Beachtung, denn es lehrt ebenso, wie das Vorstehen oder Ueberragen der Sohlensubstanz, dass ihre Körnchen nicht als optische Querschnitte der Fäserchen eines feinsten Nervenrasens, mit dem die ganze untere Plattenfläche den Muskel berühren sollte, aufzufassen sind. Ich habe selbst früher auf die innigere Verbindung der Sohle mit der Platte, hingewiesen, welche die Kerne und deren Umgebung der Platte, nicht dem Muskel folgen lässt, wenn der Inhalt des Nervenhügels vom Muskelgerinnsel durch Serum abgehoben wird, und darin ein beachtenswerthes Factum gefunden; aber ich würde es bedauern, wenn dies Anlass zur Aufstellung jenes Nervenrasens, die sich auch auf die elektrischen Platten von Torpedo erstreckte, und dort mit eigenthümlichen Modificationen unter dem Namen eines besonderen „Structurverhältnisses" bewahrt wird, gegeben haben sollte.

Ueber die eben erwähnten Einzelheiten glaube ich mich heute mit um so grösserer Sicherheit aussprechen zu dürfen, weil ich ein ausgezeichnetes Mittel anzugeben vermag, mit dem es Jedem gelingen muss, dieselben zu constatiren. Es ist dies die von Dr. *Mays* mit vortrefflichem Erfolge zum Studium der Sehnenzellen verwendete Lösung des Ferrosulfates. Eine Lösung von 1 pCt. Eisenvitriol, oder des für unsere Zwecke vorzuziehenden Ammoniak-Doppelsalzes, dürfte das geeignetste Medium zur Untersuchung der Platten sein. Muskel, Platte und Nerv sterben darin ab, aber die sichtbaren Veränderungen verlaufen so allmählich, und es bleiben, ähnlich wie bei den Sehnenzellen, die Kerne und deren Umgebung so lange von fast normalem Aussehen, dass man mit aller Musse die in den folgenden Figuren 3—7 dargestellten, nach einander auftretenden Veränderungen betrachten kann. Man zerfasert die frischen Präparate gleich in

Digitized by Google

einem Tropfen der jedesmal frisch bereiteten Eisenlösung, was weit besser gelingt, als in NaCl, oder Serum, und ist dann sicher in der nächsten Minute eines der dargestellten Bilder zu sehen. Die Platte wird zunächst ausserordentlich deutlich und dürfte in diesem ersten Stadium nach Gestalt und Ausdehnung wenig vom Lebenszustande abweichen.

Fig. 3 wurde von einem solchen Objecte mit dem Zeichenprisma copirt. Es stellt ein Profilbild von möglichster Reinheit dar, das an den nicht allzu seltenen Nervenhügeln, deren längere Begrenzung fast durch eine gerade Linie zu bezeichnen ist, auftritt. Die punktirte Linie stellt die übrigen, wie man sieht, ein längliches Viereck bildenden Grenzen der gesammten Nervenendigung, nach dem Anblicke tieferer Einstellungen dar. Dieses und viele ähnliche von mir gesehene Bilder lassen in der unteren Plattenfläche radiär zum Muskelcylinder gestellte Fortsätze, Lappen oder Zapfen vermuthen, welche wenigstens an ganz besohlten Exemplaren die physiologisch wünschenswerthe directe Berührung mit der contractilen Substanz vermitteln könnten. Die das Dach der Hügelwölbung einnehmende Platte würde dann als eine auf den Cylindermantel des Muskels gelegte, von Streben oder Füssen erhobene, flache Kuppel anzusehen sein. Es wird indess auch an den besten Profilen kaum möglich sein, über diesen wichtigen Punkt zu entscheiden, da man auch Ausläufer am Rande eines Lappens, besonders solcher, die nicht bis zur Peripherie der Hügelbasis reichen, für solche Stützen halten kann. Querschnitte frischer, oder in verschiedener Weise gehärteter Muskelfasern, die darüber einst

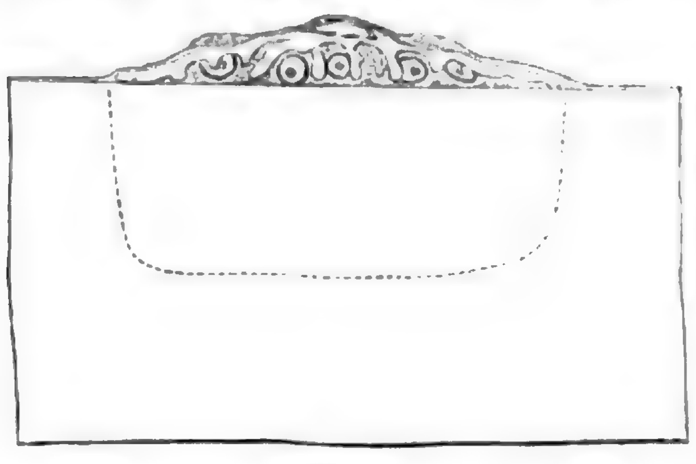


Fig. 3.

Digitized by Google

entscheiden werden, von dem Zwecke genügender Klarheit herzustellen, wollte mir bis jetzt nicht glücken. Unzweifelhaft wird durch die Profilbilder nur, dass die Platte an der Wölbung des Hügels theilnimmt, und dass die Kerne und die Körnchen nur zum Muskel hin eine Fläche bilden, während sie im Uebrigen den Dachraum unter der Wölbung ausfüllen. In dem abgebildeten Präparate wird die Sohle nach 2 Richtungen von der Platte überragt; es trifft jedoch, wie Fig. 2 schliessen lässt und häufig genug an Profilen direct zu sehen ist, auch das Umgekehrte zu.

Fig. 4 stellt eine Nervenendigung mit reichem labyrinthischen Geäste der Platte im Zustande der Anfangswirkung des Eisensalzes dar. Die Sohle ist hier sehr entwickelt, aber es gibt immer noch einzelne Stellen an den Rändern der Platte, die nicht von ihr überragt werden. In der Mitte (oben besonders) finden sich etwas über einander greifende Lappen, die unter Umständen für Anastomosen zu halten wären. Echte Anastomosen zeigen die Lappen ausserdem und man sieht es einem Theile der betreffenden Stellen an, dass sie reissen werden, wenn während weiterer Einwirkung des Reagens Schrumpfungen der Platte eintreten, was oft genug unter den Augen des Beobachters geschieht. Die sich dabei entwickelnden Veränderungen der Platte sind der Reihe nach in Fig. 5, 6, 7 dargestellt.

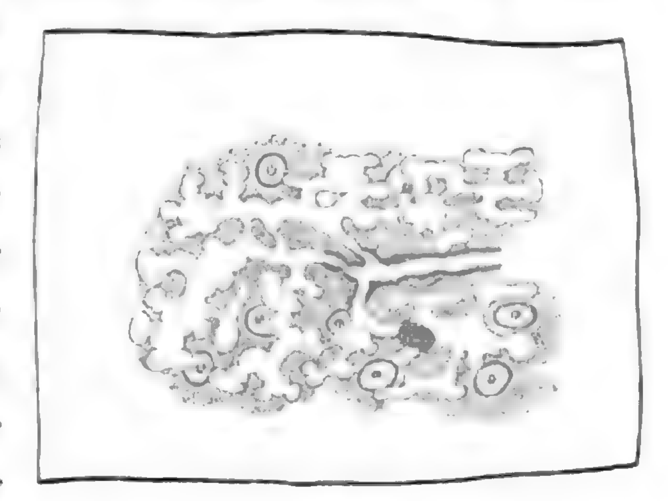


Fig. 4.

Fig. 5 zeigt die nächst schwächste Wirkung an den jetzt entwickelten mehr keulenförmigen Bildungen der Lappen und an wenigen schon vollendeten Abschnürungen. Der Contour müsste etwas kräftiger sein, als er im Druck ausgeführt ist: er wird

Digitized by Google

(Fig. 6) doppelt, zur Zeit, wo das Reagens die Kerne zu trüben beginnt und schrumpfen macht. Endlich verliert der grösste Theil der Platte den Zusammenhang und das Bild wird wie Fig. 7. An diesen Zerfallsproducten der Lappen sollten die Contouren auch überall doppelt gezeichnet sein; doch war dies im

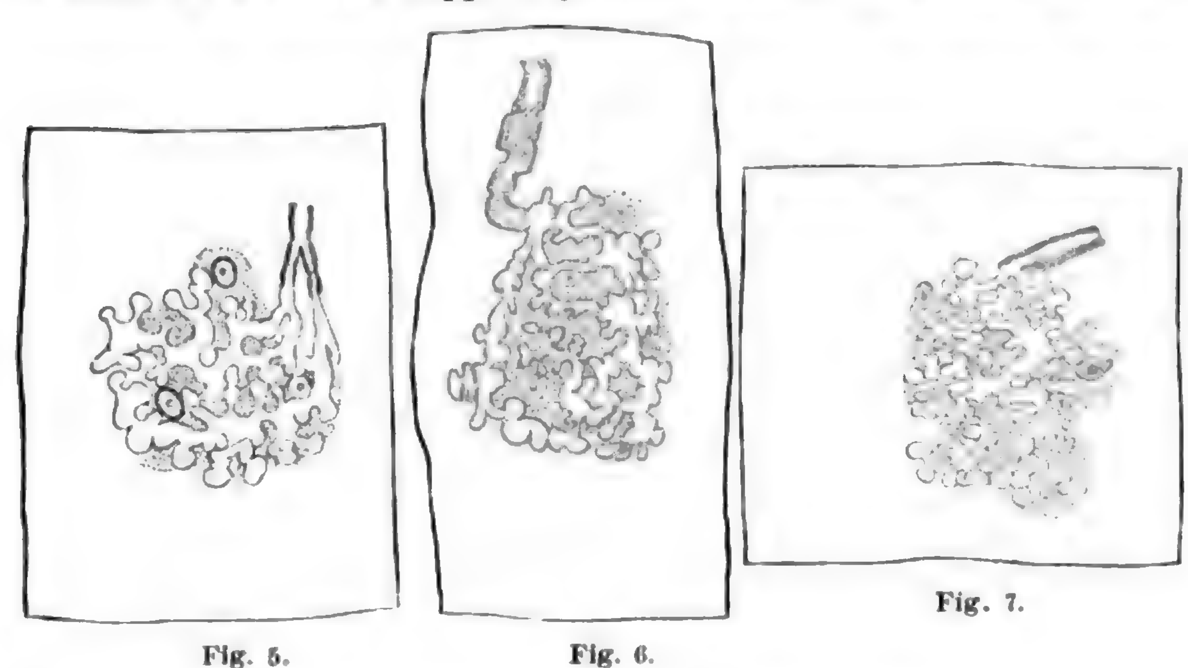


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.

Holzschnitte nicht mit dem richtigen Effecte auszuführen. Die mit abgebildeten Veränderungen der markhaltigen Nervenfaser durch die Eisenlösung sind hier ohne Interesse.

Der frischeste Zustand, in dem wir die motorische Endplatte sehen können, stellt natürlich nicht den des Lebens selbst dar, denn wenn es auch an den dünnen Hautmuskeln der Schlangen ohne Verletzung und Zerfaserung gelingt, den Nervenhügel mit dem der Platte eigenthümlichen Muster zu sehen, während ein mechanischer Reizversuch an dem zutretenden Nervenstämmchen durch die Zuckung Sicherheit gibt, dass darin noch erregbare Platten enthalten sind, so hat man sie noch nicht von den graden gesehenen Exemplaren. Gäbe es deren viele, so wäre man schon sicherer, aber es liegt in der Natur des Objectes, dass es wenige sind und dass oft nur eine auf einer hinlänglich oberflächlich ge-

Digitized by Google

legenen Muskelfaser so ausgebreitet ist, um die nöthigen Einzelheiten daran wahrnehmen zu können. Es hat Herrn *Borel*, trotz grosser Mühe und Sorgfalt nicht gelingen wollen an aufgebundenen Schlangen, Muskeln, die einerseits mit einem Hautlappen, andererseits mit dem Stamme des Thieres noch verbunden waren, durch ausgeschnittene Fenster so zur Anschauung zu bringen, dass man die Platten hätte untersuchen können, obwohl der hübsche Anblick des Blutlaufes im Muskel zuweilen erreicht wurde. Bei einzelnen Insekten kann man freilich die Nervenendigung innerhalb des unverletzten lebenden Thieres sehen und sich auch überzeugen, wie die normale Muskelwelle von dort ihren Anfang nimmt, aber in diesen Nervenhügeln ist die eigentlich nervöse Endigung leider noch zu wenig bekannt. Das Ablaufen einer Muskelwelle von der Gegend des Nervenhügels her wird Jeder, der Eidechsenmuskeln vielfach untersucht hat, natürlich auch gesehen haben, ebenso das Durchgehen einer an irgend einem andern Punkte begonnenen Welle unter dem Nervenhügel her, aber wenn dies auch beweist, wie frisch und überlebend solche Präparate zur Anschauung kommen, so gilt es doch immer nur vom Muskel, nicht von seinem Nervenansatze.

So bliebe denn im Augenblicke nichts übrig, als sich mit den grade erreichbaren für frisch genommenen Zuständen zu begnügen, oder Mittel zu ersinnen, um den Lebenszustand im Körper so zu fixiren, dass keine weiteren Veränderungen der Plattengestalt mehr zu befürchten ständen. Für Muskeln kennen wir aus der schönen Arbeit von *Flögel* über Trombidium (Arch. f. mikrosk. Anatom. VIII., S. 69) ein solches Mittel in der OsO_4, das eine Contractionswelle abzufangen und alle Zustände der beginnenden, maximalen und wieder erlöschenden Contraction dauernd vorzuführen vermag. Dasselbe ist auch von *Ranvier* zum Fixiren der Endplatten verwendet, indem es in die Muskulatur lebender Eidechsen eingespritzt wurde und in der That findet man an den

Digitized by Google

darnach hergerichteten Muskelfasern den Inhalt des Nervenhügels nicht anders, als an überlebend in OsO_4 gelegten, deren Verhalten ich schon vor langer Zeit (*Virchow*'s Arch. 29, S. 207) auch an Muskelquerschnitten beschrieben habe: die Platte zeigt sich nicht viel deutlicher und wenn überhaupt verändert, vielleicht um ein sehr Geringes geschrumpft, sicher nicht gequollen. Ganz ähnlich verhielt sich mit 2 Vol. Wasser verdünnter Alkohol, jenes von *Ranvier* zu vielen Zwecken vorgeschlagene und vorzüglich bewährte Reagens: es ändert die Platte, durchaus im Gegensatze zu *Ranvier*'s Darstellung (l. c. Taf. VIII, Fig. 1 u. 2), kaum und macht den Muskel in den meisten Fällen ohne wesentliche Aenderung seiner Durchsichtigkeit erstarren. Unmöglich bleiben nach allen diesen Erfahrungen natürlich Differenzen der lebenden und der noch als am frischesten zu bezeichnenden, gesehenen Platten nicht, ja es ist sogar wahrscheinlich, dass die ersteren breiter und von glatterer Berandung sind, als fast alle Bilder sie darstellen, denn ein kleiner in dieser Hinsicht bemerkenswerther Unterschied findet sich ohne Zweifel zwischen den besten Ansichten, die ein unzerfaserter ohne jeden Zusatz betrachteter Schlangenmuskel neben isolirten Fasern desselben Thieres darbieten. Soll ich meine Meinung darüber näher bezeichnen, so würde sie lauten, dass ich mir die Platte im Leben reicher an Anastomosen und diese von breiteren Verbindungsbrücken hergestellt denke, als man sie später gewöhnlich findet, und dass ich nach dem factisch beobachteten Reissen solcher Verbindungen sehr geneigt bin, dieselbe Entstehungsursache für manche in den Lappen selbst zu findende Ausschnitte oder Löcher (unechte Anastomosen) anzunehmen. So würde die lebende Platte ihrem Namen noch mehr entsprechen und deren Typus durch ein Bild, dessen Erinnerung mir immer geblieben, wiedergegeben sein, welches ich früher nach einem abgestorbenen Präparate, wo besonders glückliche Umstände die gewöhnlichen Deforma-

Digitized by Google

tionen beschränkt hatten, erhielt (vergl. *Virchow*'s Arch. 29, Taf. XIV, Fig. 3). Bemerkenswerther Weise stellt jene Figur eine einwurzelige Nervenendplatte dar.

Von grossem Werthe würde es sein, wenn sich erweisen liesse, dass die Platte in der feineren Structur und im chemischen Baue vollkommen identisch mit dem Axencylinder der zutretenden markhaltigen Faser sei. Wenn es einstweilen keine Gründe gibt, das Gegentheil anzunehmen, so kann dies auch an der sehr geringen Kenntniss, die wir vom Axencylinder überhaupt haben, liegen.

In dem Verhalten verdünnter (1 p. m.) OsO_4 zum Axencylinder und zur Platte findet sich ein Unterschied, der hier nicht zu übergehen ist: der erstere schwillt colossal, während das Volum der letzteren nahezu unverändert bleibt. Wo nur frische Nervenfasern gehörig isolirt und angerissen jener Säure unterliegen, tritt der Axencylinder wie ein langer gespannter Darm, von der 3—4 fachen Dicke stärkster markhaltiger Fasern hervor, oft Schleifen bildend, deren Fortsetzung wieder in ein Mark und Scheiden führendes Stück einkehrt. Man sieht dieselbe Erscheinung auch, obschon seltener in stärkerer OsO_4 von 1 pCt., wie kaum zu bezweifeln, nachdem ein Theil der Nervenfasern des Präparates die Säure durch Reduction so verbraucht, dass ein anderer verdünnterer Lösung unterliegt. Die verdünnte Säure lässt auch das Mark in erstaunlicher Weise anquellen, so dass es überall in Gestalt dickwandiger Stulpen auf den Axencylinder gereiht erscheint, wo die *Schwann*'sche und die äussere Hornscheide erst nachgegeben haben oder gerissen sind. Die *Schmidt-Lantermann*'schen normalen Stulpen werden dabei immer deutlicher, indem sich ihre gegen einander gerichteten, ursprünglich schmalen Umfänge endlich zu schrägen und gezähnelten Stutzflächen mächtiger Schwartenringe von grauer Farbe gestalten.

In der Platte ist keine Spur solcher Veränderungen zu sehen, doch wird hieraus erst Weiteres zu schliessen sein, wenn der

zed by Google

Versuch an hinlänglich durch seröse Ausscheidungen in todtenstarren Muskelfasern isolirten Platten angestellt sein wird, so dass ihnen Raum zum Quellen bleiben würde. Fehlt diese letztere Bedingung, so ahnt man auch am Nerven nichts von der genannten, den gewöhnlichen Annahmen über die Wirkung der OsO_4 so sehr widersprechenden Schwellung, von der ich mich auch nicht erinnern kann, irgendwo in der Literatur Andeutungen gefunden zu haben. Die jetzige Erfahrung fordert jedenfalls zur Vorsicht auf gegen die unterschiedslose Verwendung dünner OsO_4 zur Erhaltung normaler Gewebsformen und erheischt fernere Untersuchungen über das Verhalten markloser Nerven, die so häufig grade mit diesem Reagens behandelt werden. An den blassen Opticusfasern der Netzhaut des Kaninchens, denen die Quellung verhütende Hüllen fehlen, fand ich den alten Ruf der verdünnten Säure auch bewährt, insofern sie keine Quellung erzeugte, aber es scheint mir darin nur eine besondere Mahnung zu liegen die Reaction weiter zu beachten (vergl. unten).

Sieht man die Rissstellen der in OsO_4 stark verdickten Axencylinder an, so findet man sie nicht von der Gestalt eines abgebrochenen oder ausgezogenen Gallertcylinders, sondern kurz abgestutzt, und mit einem Faltenkrönchen oder einem grad aufsitzenden kurzen Schopfe versehen, der sehr den Eindruck eines abgewürgten Häutchens macht und stark vermuthen lässt, dass der Axencylinder innerhalb seiner Hornscheide noch eine andere, ein sehr dehnbares glattes Häutchen besitze. Vielleicht sind darauf auch die nach dem Absterben an der Platte zum Vorschein kommenden doppelten Contouren (vergl. Fig. 6) zu beziehen. Dergleichen kann freilich ebenso in Folge der steigenden Lichtbrechung des Plattenmaterials auftreten, aber es ist der Gedanke doch nicht abzuweisen, dass Gerinnungen, auf denen das letztere beruhen dürfte, ausserdem ein Zurückziehen des Inhaltes von jenem Häutchen bewirken.

Digitized by Google

Ich komme hiermit zur Frage von der Natur der Todesänderungen im Nerven überhaupt und kann nicht umhin, an meine hier wieder bestätigten älteren Erfahrungen über die sichtbaren Aenderungen der Nervenendplatte, die sich grade innerhalb der Zeit des Absterbens geltend machen, anzuknüpfen. Dieselben sagen kurz gefasst, dass vor dem Tode des Muskels und vor dessen Säuerung schon leichte, aber mit jeder wünschenswerthen Deutlichkeit erkennbare Einziehungen, Kerben oder wie man es nun nennen will, in der Platte auftreten und dass deren optisches Verhalten sich ändert. Dass dieses Alles auch, obschon langsamer, geschieht, wenn man den Muskel gar nicht zerfasert, sondern am Leibe absterben lässt oder dem Blutstrome entzieht, lehrt jede bis zur Reactionslosigkeit der motorischen Nerven abgestorbene Eidechse, deren Muskeln auf directen Reiz noch zucken, und ist an Kaninchenmuskeln, deren Arterien so lange unterbunden waren, dass sie Nervenreize nicht mehr beantworten, beim ersten Vergleiche mit schleunigst hergestellten Präparaten normaler Muskeln bemerkbar. Niemand kann bezweifeln, dass die Endplatten so behandelter Muskeln nur bis zu einem gewissen, Restitution zulassenden Grade, verändert sind, denn sie reagiren wieder auf Nervenreiz nach erneuter Versorgung mit Blut: was man also an den Endplatten gesehen hatte, bezeichnete vermuthlich nicht den definitiven Tod oder einen unwiederbringlichen Verfall, sondern einen Zustand, den man mit jedem Rechte als Lähmung bezeichnen kann.

Ich habe vor vielen Jahren, unter starker Reserve freilich, angegeben, die Platten von *Lacerta* würden nach reichlicher und länger dauernder Curarevergiftung in der Lähmung ebenso deutlich, stark lichtbrechend und markirter in den Contouren, wie nach dem Absterben im Allgemeinen. Da inzwischen Niemand wieder eine einigermassen mit meinen Beschreibungen und Abbildungen übereinstimmende Darstellung der frischen Platte ge-

Digitized by Google

geben hat und die heutige allgemeine Uebereinstimmung mit mir auf den Gold- und Silberpräparaten, bei *Ranvier* auch auf in verdünnten Alkohol gelegten fusst, welche sämmtlich bei dieser Angelegenheit nicht in Betracht kommen, so ist es selbstverständlich, dass jene Angabe über das Curare noch der Bestätigung durch Andere harrt, aber unverständlich, wie sie für widerlegt gehalten werden konnte und deshalb auch irrelevant, dass meine Reserven, dem Brauche entgegen, dabei keine Berücksichtigung gefunden (vergl. Monatsber. der Berliner Acad., 11. Nov. 1875, S. 720). Heute bin ich nun in der erfreulichen Lage, die frühere Zurückhaltung aufgeben zu können, denn man kann in der That unschwer nachweisen, dass das Curare, indem es die motorischen Nerven gründlich lähmt, dieselbe sichtbare Veränderung an den Platten hervorruft, wie das Absterben, aber unter Umständen, unter welchen jenes sonst nicht erfolgt. Ich bin dessen nach langer Erfahrung so sicher, dass ich mich anheischig mache, an dem mikroskopischen Präparate binnen Kurzem zu entscheiden, ob es von einer seit 4—6 Stunden mit $^1/_2$ Cub.-Cent. 5procentiger Curarelösung vergifteten Eidechse oder von einer zur nämlichen Zeit geköpften, des Rückenmarks beraubten, strangulirten oder verbluteten herrühre. Meine letzten bei hoher Sommertemperatur angestellten Versuche beziehen sich ausserdem auf Vergleichsobjecte, deren Nervenstämme wenigstens auf mechanische Reizung keine Zuckung mehr erzeugten. Indem ich ohne alle Kenntniss der verwendeten Thiere, deren Aussehen und Grösse bleibe, und dafür gesorgt ist, dass an den Muskeln weder in der Blutfülle noch mittelst der Erregbarkeit irgend etwas für die Vergiftung sonst Charakteristisches als Merkmal kenntlich wird, bin ich vollkommen sicher, die Curaremuskeln jedesmal herauszufinden. Will man das Examen bestehen und in der besten Weise an sich vornehmen lassen, dass nicht die enthäuteten Schenkel oder ganze Muskeln, sondern von andrer Hand gefertigte

Digitized by Google

mikroskopische Objecte der Entscheidung dienen müssen, so ist bei der Assistenz ausser Geschicklichkeit auch guter Wille vorauszusetzen, denn es ist natürlich nicht schwer, ein Muskelpräparat so zu drücken, oder auf andere Weise zu misshandeln, dass die Endplatten der gesundesten Muskeln maximal vergifteten ähnlich oder gleich werden. Wird dergleichen vermieden, so weiss ich unter den jenen Thieren entnommenen Objecten in etwa einer Stunde die Entscheidung zu treffen und nach dem überaus deutlichen Hervortreten der Platten zu sagen, welche eine von den in der genannten Weise verschiedenartig abgetödteten Eidechsen vergiftet worden. Man hat dazu nur so lange zu suchen, bis ein auf der oberen Seite einer wohlerhaltenen Muskelfaser befindlicher Nervenhügel in der Aufsicht, nicht im Profile, sichtbar wird. Erkennt man daran ohne Zusatz oder nach dem Einlegen in Serum oder dünne Salzlösung die Platte scharf genug, um sie gut zeichnen zu können, so liegt maximale Curarevergiftung vor.

Dass einige Uebung und Erfahrung dazu gehöre, ist anzunehmen, denn der Neuling wird beim Begegnen einer groblinigen Platte nicht gleich mit beurtheilen, ob sie oder die ihr unterliegende und darauf zurückwirkende Muskelsubstanz irgend welchen andern, dem Geübten kenntlichen Schaden in einem unvergifteten Präparate erlitten.

Mit besonderem Nachdrucke ist hinzuzufügen, dass diese Angaben sich nur auf starke, der Dosis und Zeit nach maximale Vergiftungen beziehen. Wiederholt habe ich mich auf die Probe stellen lassen mit schwächer oder kürzere Zeit vergifteten Thieren und dabei in der Regel Irrthümer begangen oder die Sache aufgeben müssen. Dennoch zweifle ich gar nicht, dass Alles geschehen war, um nicht nur die bekannteren Effecte der Vergiftung zu erreichen, sondern auch genug um den totalen Erregbarkeitsverlust der intramuskulären Platte zu bewirken, was recht gründliche Vergiftung voraussetzt.

Digitized by Google

Ein Zustand der Lähmung erzeugt durch Gerinnungen im Axencylinder, welche noch nicht sichtbar sind, ist ebenso wahrscheinlich, wie es gewiss ist, dass fibrinöse Lösungen fest werden, ehe man es sieht und ich sehe am Baue der Axencylinder oder der Platten Nichts, was der Contraction und Verdichtung eines in deren Imbibitionsflüssigkeiten entstandenen Coagulates nicht eher hinderlich als fördernd sein müsste. Seit *v. Fleischl* (Festgabe f. *C. Ludwig* LI.) die allgemeine Ueberzeugung von der Schrumpfungsfähigkeit des Axencylinders in den Mitteln, welche gewöhnlich zu seiner Darstellung benutzt worden, befestigte, indem er zeigte, dass Querschnitte von in OsO_4 gehärteten Nerven denselben dick, mit schmaler Markrinde umhüllt erkennen lassen, steht den angenommenen Gerinnungen wenig mehr im Wege.

Wo nur ein Nerv endet oder entspringt, wird gefragt, ob der Axencylinder sich umwandle, etwas Anderes oder Neues werde und andere Lebenseigenschaften annehme. Dass es so in der Ganglienzelle und im Sinnesepithel sei, ist nicht zu bezweifeln, aber um so beharrlicher wird die absolute Gleichheit aller leitenden Fasern, sei es markführender oder blasser vorausgesetzt. Diese Auffassung dürfte der experimentellen Histologie in Zukunft schwerlich standhalten. Heute, da die Lehre vom gleichen Leitungsvermögen sensibler und motorischer Nerven auf sicherer Unterlage steht und, nachdem den Leitfasern Alles genommen ist, was ihnen zum Schaden des grossen Satzes von den specifischen Energieen der Centralorgane aufgebürdet worden, hat es keine Gefahr mehr, an Unterschiede von Nerven zu erinnern. Dahin gehören die erschwerte Verheilung sensibler und motorischer Stämme und alle die Einwände, die man dem Glücken solcher Versuche machen kann, vor Allem der, dass man nicht weiss, welcher Veränderung die widerspenstigen Fasern erst unterliegen mussten, bis sie fähig geworden zu organisirter Verbindung.

Digitized by Google

Weiter muss ich das im Vorstehenden mitgetheilte, verschiedene Verhalten der marklosen Opticusfasern gegen dünne OsO_4 betonen, dem sich gewiss bald mancher andere blasse Nerv zugesellen wird und fragen, ob es denn so überaus wahrscheinlich sei, dass ein während des ganzen Lebens mit Mark umkleideter Axencylinder, dessen Umhüllung für die Leitung vielleicht, für den Chemismus des Nerven gewiss nicht bedeutungslos ist, welcher ganz anderem Gebrauche unterliegt, als mancher sensible, fast continuirlich in Anspruch genommene marklose, keine Unterschiede, wenigstens des chemischen Baues erwerbe? Und wenn Dem so ist, so wäre kein bindender Zwang vorhanden, die verästelten Lappen des Axencylinders für völlig gleich mit diesem zu halten und *du Bois-Reymond*'s Hypothese, dass das motorische Ende nach Art einer Drüse mittelst eines durchaus chemischen Actes auf den Muskel wirke, nicht vollkommen zu verwerfen. Einladend ist dieselbe nach unserer heutigen Kenntniss der Endplatte allerdings nicht und daher jede Andeutung, welche Incongruenzen zwischen elektrischen und motorischen Endplatten beseitigen kann, willkommener, als die Versuche solche zu häufen.

Immer wieder muss man hören von den Unterschieden des Grades im Verhalten elektrischer und motorischer Organe zum Curare, als ob dieselben nicht bereits zwischen glatter und gestreifter, der Glieder- und Herzmuskulatur, von diesem zu jenem Wirbelthiere, zwischen lauter motorischen Nerven existirten. Wer kann es wissen, wesshalb das Gift, das bei genügender Dosis und hinlänglichem Aufenthalte im Körper auch die sensiblen Nerven nicht verschont, die sog. willkührlich motorischen bei den Endplatten zuerst anpackt? Sind *Ciaccio*'s und *Ranvier*'s Beschreibungen der elektrischen Platte bei Torpedo (l. c. II., Pl. V. Fig. 4 u. 7) richtig, woran ich nicht zweifle, so wüsste ich nicht, welcher wesentliche Unterschied des Baues zwischen dieser und der motorischen fast aller Wirbelthiere geltend zu machen wäre, denn

Digitized by Google

hier wie dort breitet sich der am Centrum erregte Nerv in Gestalt eines flachen und lappigen, auch Anastomosen bildenden, kernfreien Geästes aus. Wirkt Curare auf die elektrische Platte wirklich schwächer und langsamer, als auf die motorischen des Fisches, so ist zu untersuchen, ob das Curare nicht in der contractilen Substanz erst etwas vorfindet, das ihm die mächtigere Wirkung auf den angeschmiegten Nerven erleichtert, falls es sich nicht um viel gröbere, dem Zutritte des Giftes ungünstige Einrichtungen handelt.

Für die experimentelle Bearbeitung der Frage nach der Uebereinstimmung der Function der motorischen und elektrischen Platten dürften sich statt der Amphibien die Reptilien empfehlen, wo die morphologische Aehnlichkeit auch grössere der Function vermuthen lässt. Einige wesentliche gröbere Differenzen bleiben ausserdem zu berücksichtigen, vor Allem die Lage der motorischen Platten, die nicht entfernt der regelmässigen Schichtung elektrischer gleicht. Wie dieselbe sei, ist freilich schwer zu bestimmen, so lange keine Querschnitte zuverlässig ohne Verschiebung gehärteter Muskeln und unverschobene Schnitte in genügender Zahl untersucht sind. Von gefrorenen Muskeln erhielt ich häufig Schnitte, welche die Nervenhügel und Platten, wie man sagen könnte, mit dem Rücken einander zugewendet zeigten, während viele von Herrn *Borel* durch plattes Ausbreiten vorzugsweise mittelst der Nerven zusammenhängender Muskelfasergruppen erhaltene Präparate, die vergoldeten Platten in grösserer Zahl nach derselben Seite gerichtet zeigen, so dass sie auf den parallelen Muskelfasern bei schrägem Verlaufe der Nervenstämmchen eine Art Treppe bilden.

Wenn gesagt worden ist, die Entladungshypothesen machten den Durchtritt des Nerven durch das Sarkolemm oder durch die Hügelmembran unnöthig, so kann Das an dem Tage, an welchem jene Hypothesen Thatsache geworden, vielleicht in soweit Sinn gewinnen,

Digitized by Google

als es überhaupt Sinn hat, eine allgemein in der Natur verbreitete Einrichtung in einer Beziehung überflüssig zu finden. Die Platte nicht zum Muskel, sondern auf oder in das Sarkolemm verlegen, heisst indess den Nerven in einem Gewebe enden lassen, das gar nicht allen Muskeln zukommt und da das Sarkolemm Bindegewebe ist und an der Hügelmembran für besonders bindegewebig gehalten wird, so versteht man nicht, wesshalb das motorische Nervenende nirgends durch die Verschiedenartigkeiten dieses Gewebes modificirt wird, vollends nicht, wie es dazu kommt, auf die Muskeln gelöthete Hügel zu bilden, wo es kein Sarkolemm und wenn überhaupt eines, wahrlich anderes Bindegewebe gibt, als bei den Vertebraten, die sich derselben Nervenhügel erfreuen. *Doyère*'s denkwürdige, in unsern Tagen von *Greef* vollauf bestätigt gefundene Entdeckung der Nerv-Muskelverbindung bei den Tardigraden, denke ich, hat lange vernehmlich genug in diesem Sinne gesprochen, und wenn es späteren physiologischen Vorstellungen von der Uebertragung des Nervenreizes auf den Muskel vorbehalten blieb, das Ueberschreiten der Sarkolemmagrenze für den Nerven vorauszusetzen, so hätten dieselben ihren heuristischen Werth bewiesen, denn die Thatsache des Durchtrittes erfreut sich heute des Tages, den mir ein gewiegter Anatom einst, zur Zeit des allgemeinen Widerspruches prophezeite, an dem es heissen werde, Das habe man schon lange vorher gewusst.

Welcher Art die Wirkung der motorischen Endplatte sich noch herausstellen möge, so weiss man doch, dass sie an der dünnsten Bindegewebsschicht entscheidenden Widerstand findet, da die Versuche von *Sachs* (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874, S. 57) gezeigt haben, dass eine Froschmuskelfaser auf Nervenreiz zucken kann, ohne ihre Nachbarn zu erregen. Wäre der Versuch am Reptil angestellt, so könnte man denken, dass es auf die Concavität der im Hügel gewölbten Platte oder auf die dazu in bestimmter Weise orientirte Sohle als nothwendiges Zwischenglied

Digitized by Google

zur Uebertragung der Erregung ankomme, am Frosche aber, dessen intramuskuläre Nervenverästelung aus drehrunden blassen Terminalfasern ohne jede Spur einer Sohle besteht, sieht man, dass nichts der Art Grund der eingeschränkten Wirkung sein kann, sondern dass es zwischenliegendes Sarkolemma und feinstes Bindegewebe sein muss, was den Uebergang der Nervenerregung von einer Endigung auf zwei Muskelfasern hindert.

Welches Gewebe das Hinderniss sei, ist demnach bekannt und es wird daher das Durchtreten der Nerven auf die andere Seite der Schranke selbst dann nicht für unnöthig zu halten sein, wenn diese sich nicht als absolut bewähren sollte.

zed by Google

Ueber Regeneration des Sehpurpurs beim Säugethiere.

Von

W. C. Ayres und **W. Kühne.**

Vorbericht von W. Kühne.

Nachdem ich mit Herrn *A. Ewald* in Uebereinstimmung mit den Andeutungen von *Coccius* die überraschende Thatsache gefunden hatte, dass das Auge des lebenden Kaninchens durchschnittlich länger als 35 Minuten im Dunkeln verweilen muss, wenn vollkommen gebleichte Stellen der Netzhaut wieder normal gefärbt werden sollen (vergl. Bd. I., S. 380 u. 381), schienen mir weitere Untersuchungen über den merkwürdigen Regenerationsprocess und zunächst erneuete Prüfungen einiger auf postmortale Fortsetzung desselben deutender früherer Beobachtungen erforderlich.

Beim Frosche war es so ausserordentlich einfach, den Beweis für die im Ueberleben kaum verminderte Macht des Vorganges durch die vollkommene und fast in gleicher Zeit, wie im Leben, erfolgende Wiederfärbung der Retina des ausgeschnittenen Auges zu liefern, wenn die Ausbleichung am Lebenden vorgenommen worden, dass an der thatsächlichen und bedeutenden regenerativen Wirkung des dem Ernährungsstrome entzogenen retinalen Epitheliums nicht zu zweifeln war. Für das Säugerauge gab es dagegen nur zwei hierauf bezügliche Beobachtungen, von denen genauer nachzuweisen blieb, ob sie in ähnlichem Sinne zu

Digitized by Google

deuten seien. Die eine bestand in der langsameren Lichtbleiche eines (selbst dem albinotischen) Kaninchenauge sofort nach dem Tode entnommenen Stückes der Netzhaut mit Epithel, Chorioïdes und Sklera verglichen mit der eines vom Epithel abgezogenen Retinastückes, während die andere eine Zeitdifferenz zu Gunsten des weiter abgestorbenen Auges eines am abgeschlagenen Kopfe befindlichen Paares betraf, wenn man versuchte, in beiden unter möglichst gleicher Lichtintensität scharfe Optogramme herzustellen. Was da nach dem Tode beobachtet worden fiel indess mit den Verhältnissen der Totalbleiche des Froschauges nicht ganz zusammen, indem es sich nicht, wie dort, um etwas nach Zersetzung des ganzen Stäbchenpurpurs Geschehendes, sondern nur um eine Gegenwirkung des Epithels während der photochemischen Umwandlung und vor deren Vollendung handeln konnte. Da gute Gründe vorhanden waren, Rhodophylaxe und Rhodogenese für zwei verschiedene Processe zu halten, so blieb zu untersuchen, ob das überlebende Säugerauge nur der ersteren oder beider fähig sei. Hierüber zu entscheiden, war um so nothwendiger, als eine etwa existirende postmortale Rhodogenese manchen weiteren Arbeiten über Ausbleichung der Netzhaut grosse Schwierigkeiten bereitet und vor Allem jedem optographischen Versuche die bisher geübte Berücksichtigung der Zeit von der Exstirpation des Auges bis zur Abtödtung seiner Gewebe in der Härtungsflüssigkeit auferlegt hätte.

Der Gang unserer hier anknüpfenden Untersuchung war folgender: wir überzeugten uns zunächst, dass eine von allen Lebenszuständen der Gewebe unabhängige Regeneration, derselben glücklicher Weise nicht störenden, schwachen Art, wie die von *Ewald* und mir am Frosche gefundene, auch in der Kaninchennetzhaut existire. Darauf wurde an isolirten Augen festgestellt, dass gleiches Licht in den ersten Minuten schwächer bleichend wirkt, als in wenig späterer Zeit nach dem Tode, dass also eine mit

dem Absterben abnehmende Gegenwirkung besteht, während eine totaler Bleichung folgende Regeneration in der Ueberlebenszeit nicht constatirt werden konnte. Bei der Kürze dieser Zeit schien es gerathen nachzusehen, was geschehen würde, wenn die Bleichung im Leben vorgenommen und die ganze erste Ueberlebenszeit nur der möglichen postmortalen Regeneration gelassen worden; und als sich auch jetzt keine solche ergab, das Experiment umzukehren, um den Gang der Regeneration unter den gewöhnlichen Lebensbedingungen kennen zu lernen, nachdem das Licht unter ähnlichen Verhältnissen wie im Tode gewirkt hatte. Wir belichteten dazu das Auge entweder während einer die Circulation hemmenden Pressung, oder zur Zeit einer Unterbindung sämmtlicher Arterien des Halses, und liessen das Blut in der gleich darauf folgenden Dunkelheit wieder zutreten. Dabei hatte uns der Gedanke geleitet, dass das Lebensoptogramm von dem des Ueberlebens durch die Möglichkeit der Entfernung der Bleichungsproducte (Schweiss) verschieden sei, und dass die Regeneration bei normaler Erhaltung des Ernährungsstromes auf eine der Resorption beraubt gewesene Netzhaut hätte mächtiger wirken können. Wie man sehen wird hat das Verfahren die Voraussetzung nicht der Zweifel enthoben.

Um die Einsicht in den Regenerationsprocess nach einer andern Richtung zu fördern, wurde der Einfluss übermässiger und länger dauernder Belichtung untersucht, wobei sich Unveränderlichkeit der Regenerationszeit ergab, wenn die Bleichung einmal vollkommen geworden: dauernde Belichtung des andern Auges änderte daran nichts, ebenso wenig Unterbrechung der Leitung des Lichtreizes nach Durchschneidung der N. optici.

Endlich haben wir die Frage nach dem secretorischen Charakter der regenerirenden Thätigkeit des Retinaepithels in Angriff genommen, indem sowohl der Einfluss des N. trigeminus, wie des Sympathicus untersucht wurde, und da wir auf diesem Wege

Digitized by Google

keinen entscheidenden Thatsachen begegneten, zuletzt die Wirkung zweier auf Secretionen wirkender Gifte geprüft, des Atropins und des Pilocarpins. Nachdem von dem ersteren schon im Laufe der vorangegangenen Arbeit kein verzögernder oder hemmender Einfluss bemerkt worden, wurden unsere in anderer Richtung vielfach getäuschten Erwartungen um so mehr durch die bedeutende Abkürzung der Regenerationszeit übertroffen, welche die Vergiftung mit dem bekanntlich die meisten Secretionen befördernden Pilocarpin erzeugte.

Der Leser wird aus diesem vorgreifenden Bericht entnehmen, dass wir eine grosse Reihe zum Theil vergeblich unternommener Experimente mitzutheilen haben. Es ist uns gegangen, wie es bei der ersten Bearbeitung eines neuen, in den Rahmen gewohnter Vorstellungen nicht einzuschliessenden Feldes zu gehen pflegt, aber wir sahen keinen Grund, Thatsächliches, von dem man nicht voraussagen kann, welche Förderung es Anderen, die damit fruchtbarere Gedanken zu verbinden wissen, bringen könnte, zu unterdrücken, weil es über unsere Voraussetzungen nicht entschied, und halten die Mittheilung, wenn nicht aller, so doch vieler unserer Versuche schon desshalb für gerechtfertigt, weil es ohne grosse Opfer jeder Art auf andere Weise unmöglich wäre, die damit einmal erworbene Erfahrung einzuholen.

Um Wiederholungen zu vermeiden, muss bezüglich der durchgehends verwendeten optographischen Methode auf Bd. I, S. 232, 233, 374—383 verwiesen werden, wo die in dem Folgenden beibehaltenen Einrichtungen und Versuchsweisen beschrieben sind.

I. Autoregeneration.

Die Säugernetzhaut besitzt dieselbe Autoregeneration (vergl. Bd. I, S. 249), wie die des Frosches. Man nehme aus einem Kaninchenauge die Retina unter $^1/_2$ pCt. NaCl-Lösung heraus, schneide sie, die Sehleiste kreuzend in 2 Hälften, lasse beide

Digitized by Google

Stücke an der Sonne vollkommen bleichen, bewahre das eine 2—3 Stunden im Dunkeln und vergleiche die feucht gehaltenen Präparate: man wird das an's Licht zurückkehrende äusserst blassrosa, aber deutlich verschieden von dem anderen finden. Ebenso verhalten sich Netzhäute, die zuvor im Dunkeln einige Stunden in gesättigter NaCl lösung gelegen und in verdünnter ausgewaschen worden; die Erscheinung ist hier sogar noch etwas mehr in die Augen fallend. Wie an der Froschretina lässt sich der Versuch alsbald, oder am folgenden Tage, unter Vertauschung der Präparate mit freilich schlechterem Erfolge wiederholen. Man kann hiernach nicht zweifeln, dass in der abgetödteten Retina etwas, vermuthlich aus dem Epithel Stammendes, ein fertiges Secretionsproduct stecke, das die in den Stäbchen bleibenden photochemischen Zersetzungsproducte wieder zurück in Purpur verwandelt: Bereitung und Abgabe dieses Körpers (Rhodophylin) fallen dem lebenden oder überlebenden Epithel zu, während die Wirkung der einmal fertig abgegebenen Substanz vollkommen unabhängig von sog. Lebensbedingungen ist.

Werden die Netzhäute durch $^1/_4$- bis $^1/_2$stündiges Aussetzen der Kaninchen an die Sonne im Leben gebleicht und in diesem Zustande herausgenommen, so ist keine Spur von Autoregeneration daran zu bemerken. Wir hatten desshalb gehofft, im Leben entstandene Optogramme, nachdem sie herausgenommen und vom Lichte zerstört worden, im Dunkeln wiederkehren zu sehen, indem die Autoregeneration nur die nachträglich geschwundenen Purpurstreifen, nicht die farblosen, im Leben entstandenen betreffen würde; dies wollte uns jedoch nicht glücken, vermuthlich weil die Stäbchen an den weichen, überdies in Salzwasser schwierig abzuhebenden Netzhäuten während der feuchten Aufbewahrung nicht sicher genug haften. Indess zeigte die Peripherie der Membranen das rückkehrende blasse Rosa immer besser, als die centrale Gegend, wo sich das Bildchen befunden hatte. Für das

Digitized by Google

Folgende kommen die von Autoregeneration bewirkten Erscheinungen nicht in Betracht, da wir weiterhin fast nur in Alaun gelegte Präparate, die derselben ganz entbehren, verwendeten. Ausserdem sind die Regenerationszeichen, von denen noch die Rede sein wird, unvergleichlich deutlicher, als die eben erwähnten.

II. Postmortale Wirkung des Epithels.

A. Im überlebenden Auge begegnet die Entfärbung des Sehpurpurs durch Licht Hindernissen, welche allmählich abnehmen.

Versuch **1.** Wir erweiterten einem Kaninchen beide Pupillen durch starke Atropinlösung (2 pCt. des Sulfates), tödteten es $^1/_2$ Stunde später, nahmen die Augen mit grösster Eile aus dem Kopfe und exponirten eines (I) sogleich $1^1/_2$ Min., öffneten es rasch und warfen es in Alaun. 5 Min. später, also etwa $6^1/_2$ bis 7 Min. nach dem Köpfen, wurde das zweite bis dahin im Dunkeln verwahrte Auge (II) eben so lange exponirt und weiter behandelt, wie das vorige. In Beiden fanden sich Optogramme, aber das erstere war rosiger, in den hellen Streifen beträchtlich farbiger, als in II, wo auch die Purpurfarbe der ganzen Fläche mehr zu Roth neigte. Die Pupillen waren trotz der Atropinwirkung nach dem Herausnehmen der Augen eng; während der Exposition konnten keine Unterschiede des Pupillendurchmessers bemerkt werden.

Versuch **2.** Ebenso angestellt, wie der vorige, aber ohne Atropin. Die Pupillen verhielten sich nicht anders und die Differenzen der Optogramme waren ungefähr die nämlichen.

Versuch **3.** Um zu sehen, wie lange diese Unterschiede sich geltend machen, wurden wiederum bei einem atropinisirten Kaninchen die zu gleicher Zeit aus dem Kopfe genommenen Augen so verwendet, dass I 5 Min. nach dem Köpfen, II 5 Min. später, also 10 Min. nach dem Tode, zur Exposition kam. Dieselbe

Digitized by Google

dauerte wegen des schlechteren Lichtes $2^1/_2$ Min. und ergab auf beiden Netzhäuten unterexponirte Bilder mit nicht völlig gebleichten hellen Streifen von nahezu übereinstimmender Färbung, sicher ohne jede Differenz zu Gunsten der Lichtwirkung des am spätesten exponirten Auges. Auch hier waren die Pupillen eng und während der Versuchszeit unveränderlich geblieben.

Die exstirpirten Augen gewährten den Vortheil, fast immer stark verengte und darum gleiche Pupillen zu besitzen; da wir es aber recht schwierig fanden sie richtig unter dem Objecte zu orientiren und mancher Versuch fehlschlug, weil die Bilder nicht auf correspondirende Theile der Netzhaut gefallen und desshalb schlecht zu vergleichen waren, so experimentirten wir weiter an im Kopfe gelassenen Augen. Hier pflegt die Pupille erst weit zu bleiben und sich viel später zu verengen, gleichviel, ob Atropin verwendet worden, oder nicht; auch war sie nicht immer auf beiden Augen von gleichem Durchmesser. Um dem Uebelstande zu begegnen, wurde jedes Auge dicht auf der Cornea mit einem 3 mm. weiten Diaphragma belegt, so dass kaum noch Verschiedenheiten der Lichtintensität in den beiden Aufnahmen vorkommen konnten.

Versuch **4.** Der abgeschlagene Kopf eines nicht atropinisirten Thieres wird nach schleunigster Zerstörung des Gehirns mittels einer dicken Federfahne, mit Auge I 3 Min., 2 Min. später mit II ebenfalls 3 Min. exponirt, nachdem I inzwischen schnell exstirpirt und in Alaun gelegt worden. Da der Himmel (wie bei Versuch 1 und 2), wolkenfrei geblieben, so war für die Vergleichbarkeit der Optogramme wegen etwaiger Inconstanz der Lichtintensität nichts zu befürchten. I enthielt ein scharfes Optogramm, aber mit rosigen hellen Streifen, II ein vollkommenes Bild ohne jede Spur von Farbe in den letzteren.

Versuch **5.** Gleich nach Versuch 4 und wie dieser ausgeführt bei dauernd reinem Himmel. I wird 5 Min., II 9 Min. nach

dem Köpfen 3 Min. lang exponirt. Beide Optogramme sind vollkommen und ohne irgend welche Unterschiede.

Diese Versuche dürften genügen, um den vorausgeschickten Satz zu erweisen; die gefundenen Hindernisse der Lichtbleiche sind darnach nicht gerade unerheblich, aber rasch vergänglich, jedenfalls 5 Min. nach dem Tode nicht mehr merklich.

Nach der früher (Bd. I, S. 378) für das Kaninchen gefundenen, namentlich im Vergleiche zum Frosche ausserordentlich geschwinden Entfärbung der Netzhaut, war es von Interesse, das lebende Auge in dieser Hinsicht mit dem überlebenden zu vergleichen.

Versuch 6. Auge I eines atropinisirten lebenden Kaninchens wird mit einem Diaphragma von 3 mm. belegt, bei wolkenlosem Himmel $3^1/_2$ Min. exponirt, darauf sogleich luxirt, mit einem Scheerenschnitte aus dem Kopfe genommen und sofort halbirt in Alaun gebracht. Inzwischen ist der Kopf abgeschlagen und mit Auge II sofort $3^1/_2$ Min. exponirt, welches ebenso schleunig in den Alaun gelangt. I enthält ein gerade vollkommenes Optogramm, II ein entschieden überexponirtes mit zu breiten hellen Streifen und beträchtlich gelbrother Färbung der dunklen Partieen.

Hieraus ergibt sich, dass die das Bleichen des Purpurs verzögernde Gegenwirkung im lebenden Auge ohne Frage mächtiger ist, als im überlebenden.

B. Im überlebenden Auge ist Regeneration des Sehpurpurs nach der Lichtwirkung nicht zu bemerken.

Die ersten diese Frage betreffenden Versuche wurden wieder mit exstirpirten Augen angestellt, und da es darauf ankam, zwei ganz gleich behandelte zu gleicher Zeit zu exponiren, haben wir mit möglichster Eile zuweilen schon am Lebenden die luxirten Augen mit einem Schnitte isolirt und sofort in die zu ihrer Aufnahme bestimmten, dicht neben einander unter dem Objecte befestigten kleinen Holzbecher gebracht. Nach beendeter Exposition

Digitized by Google

wurde I schleunigst in Alaun abgetödtet, II 5—10 Min. im Dunkeln liegen gelassen und nach dieser, der etwa vorhandenen Regeneration gewährten Zeit, in das Alaunbad gebracht. Hier, wo begreiflich die äusserste Eile nöthig war, gelang es uns nur selten, die Augen nach Wunsch zu orientiren und die Sehaxen richtig zu stellen. Wir finden jedoch unter den besser gelungenen Versuchen keinen, der eine nachträgliche Regeneration hätte erkennen lassen.

Bessere Erfolge hofften wir von dem folgenden Verfahren zu erhalten: wir spalteten den abgetrennten Kopf der ganzen Länge nach, indem wir ein grösseres aufgesetztes Messer mit einem Hammerschlage durch den Schädel trieben, und brachten unmittelbar darauf die beiden Kopfhälften mit dem Scheitel einander zugewendet unter das Centrum des Objectes. Da die Augen nach dem Verfahren während gleichzeitiger Exposition keine beachtenswerthe Pupillendifferenz zeigten, so konnte von der Benutzung enger Diaphragmen abgesehen werden.

In Versuch 7 dauerte die Exposition bei trübem Wetter 2 Min. I ward sofort, II 10 Min. später in Alaun gethan. Beide enthielten nur den Anfang eines Optogrammes, das merkwürdiger Weise nur ein nicht völlig ausgebleichtes Streifchen an symmetrischen ziemlich central gelegenen Stellen der Sehleiste zeigte. Gab es eine Differenz, so war sie bezüglich der Ausbleichung zu Gunsten von II, also sicher der Annahme einer, wenn auch noch so schwachen nachträglichen Regeneration bei nicht einmal völlig erreichter Bleichung entgegen.

Da ein anderer Versuch dieser Art bei bestem Lichte nach Exposition von 1 Min. gar keine Aenderung der Retinafarbe und keine Spur eines Bildes geliefert hatte, wurde Versuch 8 mit einer Verbesserung der Lage der Kopfhälften angestellt, indem man den Kieferrand etwas hob und die Augen auf diese Weise günstiger zum Objecte richtete. Die Exposition währte bei gutem

Digitized by Google

Lichte $2^1/_2$ Min. I wurde darauf sofort, II erst nach 10 Min. langem Liegen im Dunkeln, in Alaun gebracht. Wieder zeigte sich in beiden nur die sonderbare Andeutung eines Optogrammes durch hellere Fleckchen in der Schleiste, die in I am deutlichsten waren, während die ganze übrige Fläche der Netzhaut so purpurn aussah, als wenn sie gar kein Licht erhalten hätte.

Die Ursache dieser merkwürdigen Ergebnisse aufzuklären, bleibt weiterer Untersuchung vorbehalten; wir vermutheten sie in einer irgendwie von dem Gehirn ausgehenden Wirkung und sahen die Bleichung in der That ganz gut erfolgen, als wir dasselbe aus beiden Kopfhälften mit einem Spatel schnell entleert hatten.

Versuch **9.** Bei weniger gutem Lichte, als Versuch 8, Nachmittags angestellt. Mit grösster Eile wird der Kopf getrennt, gespalten, das Gehirn entfernt, worauf beide Augen sofort $2^1/_2$ Min. exponirt werden. I kommt direct, II erst 10 Min. später in Alaun. Beide Augen enthalten noch etwas unterexponirte, aber scharfe mit mehreren Streifen über die Sehleiste gehende Bilder, deren Unterschiede sehr gering und eher zu Gunsten stärkerer Bleichung im zweiten Auge sind. Die Pupillen schienen während der Exposition kaum verschieden und waren mässig verengt.

Da schon die Gegenwirkung, oder Rhodophylaxe, 5 Min. nach dem Tode sicher ganz erlischt und wohl vom Momente des Aufhörens der Circulation an fortwährend abnimmt, konnten die eben erwähnten negativen Ergebnisse auch davon bedingt sein, dass die einer wirklichen Regeneration günstige und nöthige Periode an die Expositionszeit vergeben worden. Wir führten desshalb einige Aufnahmen im Leben aus, exstirpirten das Auge sofort und untersuchten, ob sich Unterschiede fänden, je nachdem es schleunigst abgetödtet, oder einige Zeit vor dem Einlegen in Alaun der Dunkelheit überlassen worden.

zed by Google

Versuch **10.** Atropin. Auge I des Lebenden 1 Min. exponirt, unter einem schwarzen Tuche sogleich luxirt und mit einem Sehnervenschnitte entfernt, worauf es sogleich halbirt in Alaun gestürzt wird. Inzwischen ist ein Wattepfropf in die kaum blutende Orbita gepresst und der Kaninchenkopf gewendet; II wird darauf ebenfalls intra vitam 1 Min. exponirt und 10 Min. in dem sofort getrennten Kopfe gelassen, bevor es zur Härtung gelangt. Die erhaltenen Optogramme sind vollkommen und zeigen gar keine Unterschiede.

In derselben Weise haben wir eine grössere Anzahl von Experimenten mit geringerer Expositionszeit (von 15—45 Sec.) angestellt, in der Hoffnung, postmortale Regeneration wenigstens dann zu finden, wenn die hellen Stellen nur angebleicht, nicht ganz entfärbt worden. Einzelne Fälle schienen auch in diesem Sinne verwerthbar, da uns aber andere, mit anscheinend umgekehrtem Erfolge vorliegen, haben wir Grund, das Verfahren zur Entscheidung einer so subtilen Angelegenheit für unzureichend zu halten. Zum Theil liegt das gewiss an der Veränderlichkeit der Lichtintensität von einer Aufnahme zur andern, die trotz der geringen Zwischenzeit nur an wenigen Tagen nicht zu befürchten gewesen wäre, und um so mehr Berücksichtigung verdient, als der Augenschein darüber kaum belehrt. Wir bekennen, durch Nichts mehr überrascht worden zu sein, als durch die wider Erwarten geringe Expositionszeit, deren nicht atropinisirte, oder selbst mit engen Diaphragmen belegte Augen im Sommer bedurften, nachdem wir im Winter (vergl. Bd. I, S. 394) 7—10 Min. zu solchen Aufnahmen nöthig gefunden hatten.

Aus allem Vorstehenden erhellt der für weitere Arbeiten erfreuliche Umstand, dass man bei keiner Art von Optogrammen nachträgliches Verwischen ohne Licht zu befürchten habe.

III. Regeneration im Leben.

Frühere Erfahrungen hatten zu der Annahme geführt, dass Rhodophylaxe und Rhodogenese abgesehen von der Verschiedenartigkeit der Processe an sich, unter verschiedenen Bedingungen zur Geltung kämen. Die Hypothese war, um es kurz zu sagen, diese: beginnt das Licht Sehgelb und Sehweiss zu bilden, so wandelt etwas aus dem Epithel Kommendes (Rhodophylin) jene Körper wieder in Purpur um (Rhodophylaxe); die Bleichungsproducte werden aber auch aus den Stäbchen entfernt und sind in dem Augenblicke oder wenig später vollkommen entfernt, in welchem die Bleichung vollständig geworden. Was jetzt im Dunkeln erfolgt, ist Bereitung neuen Purpurs im Epithel, welcher in dem Maasse an die Stäbchen abgegeben wird, als er fertig wird (Rhodogenese). Der erstere Process verläuft bei mässigem, anscheinend nicht bleichendem Lichte continuirlich, bei unvollkommener Bleichung schnell, der letztere, wenn jener ausgeschlossen, auch beim Säuger sehr langsam. Alle bisher gefundenen Thatsachen sind mit dieser Annahme und der Hypothese vom Schwinden des Sehweiss vereinbar, vor Allem die Unterschiede der Fluorescenz intre vitam und post mortem gebleichter Netzhäute. Wir haben versucht weitere sich einfügende Thatsachen zu finden.

A. Druckversuche.

In der Voraussetzung, dass die schneller verlaufende Rhodophylaxe an Stelle der langsamen Rhodogenese trete, wenn man die Resorption der Bleichungsproducte während und kurz nach der Belichtung verhindert, wurde der Verlauf der Regeneration nach Exposition gepresster Augen verfolgt. Beim Menschen wird die Circulation des Blutes in der Netzhaut bekanntlich schon durch mässigen Druck unter gleichzeitigem Erblinden gehemmt; was dabei in der Uvea vorgeht, ist weniger bekannt.

Digitized by Google

Am Kaninchen gelingt es leicht durch Eindrücken eines kantigen Instrumentes in die Orbita den Bulbus zu luxiren und so hervorzudrängen, dass man einen Kautschukring umlegen und das Zurückspringen verhindern kann. Dabei trübt sich die Cornea in derselben sonderbaren Weise wie am todten Auge, wenn man es presst, und die Pupille verengt sich maximal. Wird mit dem Drucke nachgelassen, so klärt sich die Cornea augenblicklich, während die Pupille sich langsam wieder erweitert. Dass so bedeutender Druck im Auge alle Circulation aufhebe, ist kaum zu bezweifeln, doch haben wir es nicht festgestellt, weil es recht umständlich gewesen wäre und keine Aussicht war, ein so behandeltes Auge zum Optographiren benutzen zu können. Wir mussten uns mit schwächerem Drucke begnügen, hinreichend die Pupille etwas zu verengen, und unschädlich für die Durchsichtigkeit der Cornea. Ob die Resorption im Auge damit unterdrückt, oder für unsere Zwecke genügend herabgesetzt worden, bleibt zu entscheiden.

Nach unseren Beobachtungen verträgt das Kaninchenauge die genannte starke Pressung wiederholt und einige Minuten, ohne in der Folge blind zu werden; wir konnten desshalb voraussetzen, dass der schwächerem Drucke folgende Zustand, auf den es ankam, nicht erheblich von dem normalen abweichen werde. Ein Vorversuch, in dem wir auf gewöhnliche Weise das Optogramm herstellten und innerhalb der nächsten halben Stunde einige Male je zwei Minuten lang den Bulbus stark pressten, ergab nach der 45 Minuten darauf erfolgten Eröffnung des Auges einen kaum noch bemerklichen Bildrest.

Versuch **11.** Atropin. I gedrückt, 1 Min. exponirt, aus der Orbita geknipst und sogleich in Alaun; II gedrückt, 1 Min. exponirt, im Dunkeln noch 5 Min. gedrückt erhalten und ebenso direct in Alaun gebracht. — I enthält ein prachtvolles Optogramm, dessen helle Streifen jedoch nicht ganz weiss, hellstroh-

Digitized by Google

gelb sind; II zeigt nur den mittleren Streif ganz hell, die übrigen belichteten noch von rosiger Farbe. Es machte dies den Eindruck, als ob der Druck die Regeneration befördert habe; da das Folgende keinen Anhalt dafür bietet, ist anzunehmen, dass der Druck bei II zu stark gewesen, so dass die Expositionszeit in Folge der stärkeren Pupillenverengung nicht gereicht hatte.

Versuch **12.** Atropin, bestes Licht. I gedrückt, 45 Sec. exponirt, darauf sogleich in die Orbita zurücksinken gelassen. II 5 Min. später ebenfalls 45 Sec. während einer Pressung exponirt und aus dem abgeschlagenen Kopfe sofort in Alaun gebracht. In beiden finden sich unvollendete Optogramme, die von einander nicht zu unterscheiden sind, obwohl I 5 Min. 45 Sec. Zeit zur Regeneration nach der Pressung gelassen worden.

Versuch **13.** Atropin, sehr gutes Licht. I gedrückt, $1^1/_2$ Min. exponirt, Druck aufgehoben. II 5 Min. später gedrückt, ebenso lange exponirt und sofort in Alaun. Beide Augen zeigen stark überexponirte Optogramme mit zu breiten hellen und zu schmalen dunklen Streifen, die in II schon gelblichroth sind. In I sind dagegen trotz der Ueberexposition starke Anfänge von Regeneration zu sehen, bei der die dunklen Streifen rein purpurn, die hellen kräftig rosafarben sind. Die Pupillen schienen während der Aufnahmen nicht verschieden und maassen am Schlusse jeder Exposition, soweit es sich mit dem Cirkel bestimmen liess, 5—6 mm.

Versuch **14.** Atropin, gleichmässig weiss bewölkter Himmel, I gedrückt, 3 Min. exponirt; Pupille etwa 5 Mm. weit; Druck sogleich wieder aufgehoben. II 5 Min. später auch 3 Min. unter Druck exponirt. Das Thier wird sogleich getödtet, I zuerst, II nach 10 Min. langem Verweilen im Kopfe in Alaun gebracht. I zeigt ein gutes Optogramm, dessen helle Streifen aber gelb auf tief purpurnem Grunde stehen. In II ist die Zeichnung ebenso, aber die hellen Streifen sind nur äusserst schwach gelblich und der

Digitized by Google

dunkle Grund von mehr rein rother Farbe. Die Pupillenweite hatte hier ebenfalls etwa 5 mm. betragen.

Versuch **15.** Atropin, Licht etwa wie in Versuch 14. I Druck, Exposition 3 Min., II sofort darauf gedrückt, 3 Min. exponirt, weiter noch 5 Min. im Dunkeln gedrückt, darauf das Thier getödtet. — II zeigt wieder ein nicht genügend exponirtes Bild, I ein stark verwischtes Optogramm auf sehr ausgeprägt purpurfarbenem Grunde.

Ein Blick auf die letzten 3 Versuche macht eine Beförderung der Regeneration, nach Belichtung unter Störungen des Säftelaufes im Auge, sehr wahrscheinlich, während sich (in Versuch 14) nichts der Art bei Fortsetzung des Druckes zeigt. Atropin wurde in allen Fällen angewendet, weil es bei den angewendeten Grössen des Druckes einigermassen der stärkeren Pupillenverengung und den Ungleichheiten derselben bei je 2 Aufnahmen zu begegnen schien. Indess wurde das Verfahren wegen der ihm anhaftenden unvermeidlichen Inconstanzen aufgegeben und zu einem anscheinend mehr versprechenden, dem der Unterbindung sämmtlicher Halsgefässe übergegangen.

B. Regeneration nach gehemmtem Blutlaufe.

Die Arterien des Halses wurden in der seit *Kussmaul*'s und *Tenner*'s Untersuchungen viel geübten Weise blossgelegt und unterbunden. Wir umwickelten den zuvor natürlich länger im Dunkeln gehaltenen und mit einer starken Atropineinträufelung versehenen Kaninchen den Kopf mit einer Augenbinde und überzeugten uns zunächst von der vollständigen Absperrung des Blutes an den kurz nach Verschluss der Arterien erfolgenden Krämpfen. Die Art. subclavia. sin. wurde immer zuerst und bleibend unterbunden, darauf eine Fadenschlinge so unter der Wurzel der beiden Carotiden und der rechten Art. subclavia angebracht, dass ein sanfter Zug den Zutritt des Blutes nach dem Kopfe vollkommen aufhob. Hinsichtlich des Operativen erlauben wir uns nur die

Digitized by Google

eine Bemerkung, dass man gut thut etwaiges Fett am Eingange des Thorax nicht zu zerreissen, sondern mit Vorsicht im Zusammenhange herauszuziehen, worauf ein Operationsfeld von höchster Eleganz entblösst wird, in welchem man oft den Abgang der Art. vertebralis von der Art. subclavia sin. vortrefflich übersieht. Da die Fallsuchtkrämpfe und die von *Kussmaul* in seiner classischen Arbeit (Würzburger Verhandl. 1856 VI., S. 24) beschriebenen Bewegungen des Auges und der Pupille jeden optographischen Versuch gestört oder ganz vereitelt hätten, lähmten wir die Thiere nach dem Vorversuche mit Curare und erhielten sie durch künstliche Respiration am Leben. Wie gut wir daran noch aus einem andern Grunde gethan, erfuhren wir nachträglich aus den Arbeiten von *Sigm. Mayer* (Sitzb. d. k. Akad. d. Wiss. Bd. LXXVII, Abth. III, Mai-Heft 1878), welche zeigen, dass man damit zugleich die Möglichkeit schafft den Kopf länger anæmisch zu halten, ohne das Leben der Thiere durch Lungenœdem zu bedrohen. Gegen Ungleichheiten der Pupillen während der optographischen Aufnahmen mit und ohne Hemmung des Kreislaufes schützte maximale Atropinwirkung, nach welcher kein Einfluss der Arterienunterbindung während der verwendeten Zeiten zu bemerken war. Die nach Wiedereröffnung des Blutstromes vorkommenden Bewegungen im Auge kamen für unsere Zwecke nicht in Betracht.

Versuch **16.** bei sehr gutem Lichte. I. 1 Min., wie gewöhnlich exponirt, Kopf gewendet, Arterien geschlossen, II. 1 Min. später auch 1 Min. exponirt; im Dunkeln kehrt das Blut sogleich zurück. Das Thier wird 10 Min. später getödtet. I zeigt ein sehr gutes Optogramm und der demselben gegebenen Regenerationszeit von 11 Min., während deren es von Blut gespeist worden, entsprechende normale Anfänge rückkehrender Färbung. II zeigt ein der Zeichnung nach überexponirtes, der Farbe nach mindestens so stark wie I regenerirtes Bild, nach unserer Meinung deshalb überexponirt, weil das Licht an dem des Blutlaufes

Digitized by Google

beraubten Auge geringere Gegenwirkung (Rhodophylaxe) fand und stärker darauf gewirkt haben musste.

Versuch **17.** Schlechtes Licht. I mit Kreislauf 1 Min. exponirt, 5 Minuten später Arterienligatur angezogen, $^1/_2$ Min. darauf während weiterer Erhaltung der Ligatur II 1 Min. exponirt; darauf werden die Arterien sogleich freigegeben und das Thier 5 Min. später getödtet. I zeigt gar keine Ausbleichung, II ein sehr scharfes, aber in den Farben schwach ausgeführtes, wie mit dunklerem Rosa und hellerem Gelblich-Roth gemaltes Bild. Wahrscheinlich hatte das mangelhafte Licht in dem normalen Auge trotz der weiten Pupille nur ein so schwaches, unterexponirtes Bild erzeugt, dass 10 Min. zu seiner regenerativen Ausmerzung genügten, während dasselbe Licht bei gleicher Pupillenweite an dem andern, wie man sagen könnte, nur überlebenden Auge für ein vollkommenes Optogramm hingereicht hatte. Dies vorausgesetzt, verdiente der in 5 Min. erreichte Grad von Regeneration volle Beachtung.

Versuch **18.** Schlechtes Licht. I wird vor der Curarewirkung 1 Min. exponirt, II 10 Min. später, nach erfolgter Lähmung, Beginn der künstlichen Respiration und gleich nach dem Zuschnüren der Arterien, ebenfalls 1 Min. exponirt. Sofort darauf kehrt das Blut in den Kopf zurück; 5 Min. später wird der Kopf abgetrennt. I hat kein Optogramm, II ein nahezu vollkommenes, ohne eigentliche Zeichen von Regeneration.

Versuch **19.** Bestes Licht. I mit Circulation 45 Sec. II 7 Min. später ohne Circulation 45 Sec. exponirt. Tod 5 Min. darauf. In I findet sich ein prachtvolles Optogramm, an dem trotz der zur Regeneration gewährten 12 Min. keine Regeneration zu bemerken ist; II dagegen zeigt ein in der Zeichnung zwar fast vollkommenes, in den Farben aber wie durch Regeneration abgestuftes Bild, da die hellen Streifen auf der Fläche strohgelb, in der Sehleiste fast orange sind. Da II jeden-

Digitized by Google

falls kein schlechteres Anfangsbild gehabt haben konnte, als I, seine Zeichnung auch bereits auf Ueberexposition deutete, so verdienen die hier nach 5 Min. erschienenen Regenerationszeichen, deren I trotz der mehr, als doppelten dazu gewährten Zeit, entbehrte, besonders hervorgehoben zu werden.

Versuch **20.** Mässiges Licht. I mit Circulation 3 Min., II 5 Min. später ohne Circulation 3 Min. exponirt. Das übrige Verfahren war wie bisher. Tod 7 Min. nach der zweiten Exposition. I zeigt sehr breite helle Streifen von blasser Rosafarbe. (Regeneration von 12 Min.). Das Optogramm II liegt zum grossen Theile, wider die Absicht, im Papillentheile; doch sind die hellen Streifen in der Sehleiste sehr deutlich und im Ganzen zu breit (Ueberexposition). Dieselben sind nicht ganz farblos, aber ihre Farbe kann höchstens mit Berücksichtigung der Ueberexposition und der mässigen Zeit von 7 Min. für eine vielleicht gesteigerte Regeneration sprechen.

Versuch **21.** Mittlere Helligkeit. I mit Circulation 1 Min., II 4 Min. später ohne Circulation ebenso lange exponirt. Die Ligatur war 30 Sec. vor der Exposition angezogen. Tod 7 Min. nach Exposition von II. Beide Augen enthalten vollkommene Optogramme, doch ist nur in II, das die kürzere Zeit dazu hatte, eine schwache Andeutung von Regeneration, die sich auch in die Sehleiste erstreckt, zu bemerken. Die vollkommene Abwesenheit dieser Zeichen in I nach 11 Min. deutet, wenn man bedenkt, dass die Ausbleichung grade vollkommen gewesen, auf eine gewisse Schädigung der Regeneration durch die zwischenfallende Blutstockung.

Versuch **22.** Gutes Licht. I mit Circulation 1 Min., II 3 Min. später 1 Min. ohne Circulation exponirt, nachdem der Kopfkreislauf schon 2 Min. vorher unterdrückt worden. Tod 12 Min. später. Beide Optogramme sind wie überexponirt, aber nur I zeigt beginnende Regeneration.

Versuch **23.** An demselben Tage wie Versuch 21, ausnahmsweise Nachmittags angestellt. Ausser der Arterienligatur wird noch ein breites starkes Seidenband unter den Carotiden, den N.N. vagi und sympathici, sowie unter der Trachea zur Umschnürung des ganzen Halses umgelegt. I wird mit Circulation 1½ Min. exponirt, 1 Min. später die Arterienligatur angezogen, nach einer weiteren Minute der Hals fest umschnürt und nach wieder 1 Min. II 1½ Min. exponirt. Gleich darauf wird das Halsband durchschnitten, dann die Arterienligatur losgelassen, und das Thier 10 Min. später getödtet. Beide Bilder sind nahezu vollkommen und kaum verschieden; in II ist nur der mittelste helle Streifen etwas gelblicher, als in I.

Versuch **24.** Gutes Licht. I mit Circulation 1 Min. exponirt; 10 Min. später wird die gewöhnliche Arterienligatur angezogen, nach einer weiteren Minute II 1 Min. exponirt. Darauf wird das Blut wieder zugelassen und das Thier 20 Min. später getödtet. Die Augen liefern beide noch vollkommen kenntliche, obwohl stark regenerirte Optogramme. In II ist die ganze Netzhaut blasser, als in I, und im Bilde ohne Frage schwächer regenerirt während der 20 Min. Dunkelaufenthaltes, als in dem andern Auge, das über 30 Min. Regenerationszeit verfügte.

Wir haben hiermit diese einigermaassen mühsame Versuchsreihe abgebrochen, da wir nicht hoffen konnten, entscheidendere Resultate damit zu erlangen. Manche derselben sprechen für Beförderung der Regeneration nach vorangegangener Bleichung ohne Blutlauf und ohne Resorption, aber es stehen ihnen, wie bei den Druckversuchen, auch widersprechende oder zweifelhafte Resultate gegenüber, so dass zu sicheren Schlüssen nicht zu gelangen ist. Möglich und denkbar ist es, dass es weder mit der einen noch mit der andern Methode gelingt, die Bewegung der in den Stäbchen entstandenen Bleichungsproducte, nach irgend einem anderen in oder ausserhalb des Auges befindlichen Orte gänzlich zu verhindern.

Digitized by Google

C. Vom Einflusse des Belichtungsgrades auf die Regeneration.

Genauer gesprochen, sollte hier der Einfluss der Intensität des Lichtes und der Dauer des Belichtens auf den zeitlichen Verlauf der Regeneration erörtert werden, aber es sind zwingende Gründe, die uns den weniger versprechenden Ausdruck wählen lassen. Am lebenden Auge wenigstens war einstweilen noch ganz auf ein Studium der Veränderlichkeit der Stäbchenfarbe unter wechselnden, aber messbaren Lichtintensitäten zu verzichten und erst die andere Arbeit zu thun, den Einfluss des Bleichungsgrades auf die Zeit der Rückkehr des Sehpurpurs festzustellen. Was darüber gefunden worden, lässt sich kurz sagen: So lange der Purpur an einer Netzhautstelle noch nicht gänzlich geschwunden und so lange noch sichtbare Spuren von Sehgelb vorhanden sind, verläuft die Regeneration bedeutend schneller, als nach Totalbleiche, ist diese aber einmal erreicht, so ändert sich die Zeit (von 38—40 Min.) bis zur Wiederkehr der normalen Dunkelfärbung durch weiteres und intensives Belichten kaum mehr. Schwierigkeiten bietet nur das Stadium zwischen kaum erreichter und kaum überschrittener Totalbleiche, weil die Beobachtung, die ja nicht ohne Licht zu machen ist, unsicher wird. Durch Trockenaufbewahrung fixirte Optogramme helfen dagegen nicht, weil auch die ganz gebleichte Netzhaut so conservirt etwas gelblich wird und es grade auf die letzten Spuren von erkennbarem Sehgelb ankommt. So können wir nur den allgemeinen Eindruck wiedergeben, den wir aus langer Erfahrung gewonnen und dieser spricht dafür, dass nach den genannten Grenzwirkungen ein deutlicher Einfluss fortgesetzter Belichtung auf die Regenerationszeit wahrzunehmen ist, so dass z. B. ein kaum unterexponirtes Optogramm in 35 Min., ein wenig überexponirtes erst in 45 Min. vollständig von neuem Purpur verwischt wird, also ein recht beachtenswerther Unterschied vorhanden ist. Länger als 45 Min. haben wir jedoch nach keiner Belichtung warten müssen, um ihre Spuren gänzlich

Digitized by Google

getilgt zu finden, nicht einmal, nachdem das atropinisirte Auge stundenlang der Sonne ausgesetzt worden. Ganz gleichgiltig für die Regenerationszeit ist Belichtung des andern Auges, denn wir sahen vollkommene Optogramme in 38—42 Min. wie gewöhnlich schwinden, wenn wir nur das betreffende Auge lichtdicht verbanden und in das andere atropinisirte die Sonne mit einigen Unterbrechungen viele Minuten scheinen liessen.

D. Versuche über den Einfluss einiger Nerven auf die Regeneration.

In Uebereinstimmung mit der Einflusslosigkeit des einen Auges auf die Rückkehr des Sehpurpurs im andern befinden sich die gleichen negativen nach Durchschneidung der N. optici gemachten Erfahrungen. Dass die Operation ohne Einfluss auf den Sehpurpur und auf die Regeneration im Allgemeinen sei, ist aus den Mittheilungen *Langendorff*'s (vergl. Bd. I, S. 372) für den Frosch, und besonders aus denen *Holmgren*'s (Bd. II, S. 87) für das Kaninchen mit Sicherheit zu entnehmen, da die von jenen Forschern operirten Thiere nach längerer Zeit, wie *Holmgren* berichtet, nach mehr als zwei Jahren noch Sehpurpur im Auge hatten und gewiss nicht ausschliesslich im Dunkeln gehalten wurden. Die von uns nach *Holmgren*'s sehr zweckmässiger Methode mittelst intracrannieller Durchschneidung beider N. optici operirten Kaninchen zeigten nach dem Aufenthalte in der Sonne unter freiem Himmel vollkommen gebleichte Netzhäute und als wir eines etwa eine Stunde darauf im Dunkeln gehalten hatten, war die Retina von der eines gewöhnlichen Dunkelauges nicht zu unterscheiden. Genauere, mit der optographischen Methode anzustellende Versuche dürften daher kaum andere als die an normalen Augen vorkommenden Bleichungs- und Regenerationszeiten ergeben.

In der Hoffnung unter den zum Auge gehenden Nerven einem die Regeneration fördernden zu begegnen, haben wir einige wenige Versuche mit dem N. sympathicus und dem N. trigeminus

Digitized by Google

angestellt. An ersterem beschränkten wir uns auf Reizversuche, bis jetzt nur in der Absicht, nachzusehen, ob irgend eine auffälligere Veränderung, namentlich Beschleunigung der Regeneration eintrete. Bei dem Einflusse des Halssympathicus auf die Gefässe des Kopfes und des Auges ist fast vorauszusetzen, dass Durchschneidung oder Reizung auf den von der Blutcirculation abhängigen Process Einfluss üben werden, was durch ausgedehntere Versuche festzustellen bleibt; da dies jedoch nicht in unserem gegenwärtigen Plane lag, führten wir nur die folgenden Versuche aus.

Versuch **25.** Helles Wetter. Auge I $2^1/_2$ Min., gleich darauf Auge II links ebenfalls $2^1/_2$ Min. exponirt. Vorher war der linke Halssympathicus auf eine Fadenschlinge genommen; derselbe wird jetzt im Natronlichte abgebunden, durchschnitten und fünf Minuten lang mit allmählich verstärkten Inductionsschlägen so gereizt, dass die Pupille des entsprechenden Auges stark erweitert bleibt. Das Thier wird nach beendeter Reizung sogleich getödtet. Beide Augen geben unterexponirte Bilder, die kaum von einander zu unterscheiden sind. Da das Kaninchen einige Zuckungen gemacht hatte, sind die Optogramme etwas verwaschen.

Versuch **26** bei ebenfalls hellem Wetter, genau wie der vorige angestellt, liefert zwei untadelhafte Bilder mit noch schwach chamoisfarbenen hellen Streifen, ohne Unterschied zu Gunsten der Seite, auf welcher der Nerv gereizt worden.

Da hiernach wohl von der Hoffnung, in dieser Nervenbahn erregende Fasern für das Retinaepithel zu finden, abzusehen war, wendeten wir uns zum N. trigeminus und durchschnitten denselben in bekannter Weise im Schädel. Eins der operirten Thiere wurde gleich nach gelungener Operation etwa eine Stunde an die Sonne in's Freie gesetzt, dann eine Stunde in's Dunkle. Wir fanden die Netzhaut in beiden Augen so purpurn wie immer. Dass die Durchschneidung des Nerven nach Wunsch gelungen,

Digitized by Google

hatten am Lebenden schon die Probe auf Unempfindlichkeit des Auges und der entsprechenden Gesichtshälfte, sowie die Enge der Pupille erwiesen und wurde bei der Section bestätigt gefunden.

Versuch **27.** Ein Kaninchen wird nach Durchschneidung des N. trigeminus und nach Feststellung des Empfindungsverlustes, eine Stunde im Dunkeln gehalten, darauf in das Auge der operirten (linken) Seite etwas Atropin getropft. 10 Minuten später wird dieses Auge I 3 Min., gleich darauf das andere II ebenso lange exponirt; nach weiteren 37 Minuten wird das Thier getödtet. In I findet sich keine Andeutung des Bildes, in II die letzte Spur desselben durch zwei brandrothe Streifchen in der Sehleiste angedeutet. Während der Exposition schienen die Pupillen der beiden Augen nicht verschieden. Die Section ergab vollständige Durchschneidung des Nerven. Hieraus ergibt sich, dass Trigeminusdurchschneidung keine Verzögerung der Regeneration bewirkt.

E. Einfluss des Atropins und des Pilocarpins auf die Regeneration.

Schon die ersten Erfahrungen über die Langsamkeit der Regeneration beim Säugethiere hatten den Verdacht erweckt, dass dem zu fast allen optographischen Versuchen verwendeten Atropin eine Schuld daran zuzuschreiben sei, und den Einen von uns vor langer Zeit veranlasst, gelegentlich vergleichende Beobachtungen über die Rückkehr des Purpurs im normalen und im atropinisirten Auge anzustellen. Es konnte indess selbst nach wiederholten Einträufelungen von $2^1/_2$ pCt. Atropinsulfat enthaltenden Lösungen niemals eine verzögernde Wirkung bemerkt werden. Da Kaninchen, abgesehen von der Affection der Iris, gegen das Gift schwach reagiren, blieb der Einfluss stärkerer Allgemeinvergiftungen zu untersuchen, schon um damit dem Probleme des secretorischen Charakters der Thätigkeit des retinalen Epithels näher zu treten. Unleugbare Aehnlichkeit mit

Digitized by Google

secretorischen Processen besitzt die Epithelfunction schon insofern, als doch offenbar etwas von den Epithelzellen an die Sehzellen abgegeben, also auch ausgeschieden werden muss, wenn die ersteren die letzteren zu färben vermögen und als ein solcher Vorgang, bei Epithelien vorwiegend, den Absonderungen zugerechnet wird. Die im Allgemeinen hemmende oder lähmende Wirkung des Atropins auf absonderndes Epithel ist bekannt; das Gift konnte also möglicher Weise auch störend auf die Regeneration wirken.

Den indolenten Kaninchen haben wir es in Dosen von $^1/_2$—4 ccm. der $2\,^1/_2$ pCt. des Sulfates enthaltenden Lösung durch subcutane oder in die Pleura gerichtete Einspritzungen einverleibt, ohne indess irgend welchen Einfluss auf die fraglichen Vorgänge im Auge constatiren zu können.

Versuch **28** zur Controle ohne Atropin ausgeführt. I 3 Min., II 36 Min. später 3 Min. exponirt. 40 Min. nach Beendigung der ersten Exposition wird das Thier getödtet. I zeigt keine Spur eines Bildes, II als Controle ein vollkommenes Optogramm.

Versuch **29.** Unmittelbar nach dem vorigen Versuche wird von einem seit einer Stunde mit 4 ccm. der Atropinlösung vergifteten Kaninchen Auge I 3 Min., II 20 Min. später eben so lange exponirt. 40 Min. nach der ersten Exposition kommen beide Augen in Alaun. I zeigt keine Spur eines Optogramms, II eines, dessen Randtheile schon etwas verwischt sind, während in zwei centraler gelegenen hellen und sehr deutlich begrenzten Streifen deutliche Rosafärbung beginnt. Das Licht schien an dem Versuchstage recht constant.

Versuch **30.** Vergiftung mit 2 ccm. Atropinlösung. $^1/_2$ Stunde später I 2 Min., II 38 Min. später auch 2 Min. exponirt. Tod sofort nach der zweiten Aufnahme. I zeigt die letzte Spur des Bildes noch an einem Fleckchen auf der Sehleiste, II ein vollkommenes Optogramm.

Digitized by Google

Ist das regenerirende Epithel ein secretorischer Apparat, so muss man hiernach sagen, dass er nicht zu den vom Atropin leidenden gehöre. Es bleibt indess sehr wünschenswerth, den Einfluss des Giftes bei anderen demselben mehr unterliegenden Thieren zu prüfen.

Nach diesen zur Lösung der vorliegenden Frage vergeblich unternommenen Bemühungen ist es um so erfreulicher, ein Gift nennen zu können, das die Regenerationszeit bedeutend abkürzt und von dem zugleich die energischste anregende Wirkung auf fast alle Secretionen bekannt ist. Es ist dies das Pilocarpin des Extractes der Jaborandi-Blätter.

Versuch **31.** Einem Kaninchen werden 2 ccm. einer $^1/_2$ proc. Lösung des krystallinischen Pilocarp. muriat. (bezogen von *Merk* in Darmstadt) in die rechte Pleura gespritzt, worauf alsbald starker Speichelfluss erfolgt. 10 Min. später wird Auge I 3 Min., nach weiteren 10 Min. II eben so lange exponirt. Das Thier verendet darauf mit weiten Pupillen. In beiden Augen finden sich schöne Optogramme, von welchen das zuletzt entstandene vollkommen, das erstere in den belichteten Streifen von heller Rosafarbe ist.

Versuch **32.** Vergiftung mit 2 ccm. unter die Rückenhaut injicirter Lösung, worauf sofort Speichel- und Thränenfluss erfolgt. Die Pupillen sind während des Belichtens etwas weiter, als normal; I wird sofort 3 Min., II eben so lange nach 10 Min. exponirt, darauf das Thier sogleich getödtet. Die Bilder sind beide stark überexponirt mit zu breiten hellen Streifen, aber in dem von I, das nur 13 Min. langer Regeneration überlassen, sind die belichteten Theile kräftig rosafarben.

Versuch **33.** Wie der vorige angestellt. I $1^1/_2$ Min., II $18^1/_2$ Min. später $1^1/_2$ Min. exponirt. I kommt darauf sofort, II nach 20 Min. langem Liegen im abgetrennten Kopfe in Alaun. In II findet sich, vermuthlich weil das Thier gezuckt hatte, ein verwaschener heller Fleck, während in I noch die letzte Spur

Digitized by Google

des Optogramms an 3 schwächer gefärbten Flecken in der Sehleiste zu erkennen ist.

Versuch **34.** Ausgeführt wie der vorige, doch beträgt die Zeit zwischen den Aufnahmen nur 10 Min. Im zweiten Auge ohne Regenerationszeit findet sich ein fast vollkommenes, ein wenig unterexponirtes Optogramm, während im ersten Auge Streifen nur noch in der Sehleiste zu sehen sind.

Wo sich Gelegenheit fand, haben wir normalen Augen, in denen vollkommene, oder sehr wenig unterexponirte Optogramme entstanden waren, die Zeiten von 12—22 Min. zur Regeneration gegeben, aber niemals auch nur annähernd so vorgeschrittene Verwischung der Bilder mit neugebildetem Purpur gesehen, wie in den mitgetheilten, unter dem Einflusse des Pilocarpin ausgeführten Versuchen und es findet sich in den gesammten in unserm Besitze befindlichen Notizen über normale Regenerationszeit keine einzige Angabe von so rapidem Verlaufe des Vorgangs.

In der Herabsetzung der Regenerationszeit durch das Secretionen so mächtig erregende Pilocarpin auf weniger als die Hälfte, liegt offenbar ein Hinweis auf secretorische Leistungen des retinalen Epithels, welchen weiter zu benutzen unsere nächste Aufgabe sein wird.

Digitized by Google

Ueber die entoptische Wahrnehmung der Macula lutea und des Sehpurpurs.

Von

Dr. **August Ewald.**

(Hierzu Tafel IX.)

Das Vorkommen verhältnissmässig so gesättigter Farben, wie des Sehpurpurs und der gelben Farbe der Macula lutea in der Retina des Menschen, liessen es auffallend erscheinen, dass entoptisch von denselben bis jetzt fast niemals etwas wahrgenommen worden war; denn so viele Methoden auch bekannt wurden zur entoptischen Demonstration der Macula lutea und der Fovea centralis, so waren doch die Bilder derselben fast immer nur auf Differenzen in der Helligkeit beschränkt.

Da für die subjective Wahrnehmung der Macula lutea, deren Pigment sich in den inneren Schichten der Retina befindet, die gleichen Verhältnisse vorliegen, wie für die *Purkinje*'sche Aderfigur, so versuchte ich zunächst die für die Hervorbringung dieser seither bekannten Methoden, jedoch ohne Erfolg. Weder bei der Beleuchtung mit schräg durch die Pupille einfallendem Kerzenlichte, noch bei Durchleuchtung der Sclerotica mit durch Linsen concentrirtem Lampenlichte, war in dem orangeroth gefärbten Gesichtsfelde um den Fixationspunkt eine Farbendifferenz mit der Umgebung, etwa ein mehr in's Gelbe spielender Fleck zu bemerken, obgleich dabei die Gegend der Fovea durch den Mangel an Gefässen leicht zu erkennen war. Ebensowenig gelang

zed by Google

es, die Farbe der Macula durch diejenige Methode zu sehen, welche die feinsten Capillarverästelungen am Besten zur Wahrnehmung bringt, indem man durch eine feine etwa 1 □ mm. grosse Oeffnung nach einer gleichmässig von Tageslicht erleuchteten Fläche hinsieht, während man die kleine Oeffnung in kreisförmigen Bewegungen dicht vor dem Auge herumführt. Man sieht dann die feinsten Capillarschlingen bis dicht an den Fixationspunkt herangehen, dort nur eine ganz kleine Stelle freilassend; man sieht auf's deutlichste darin eine feinste musivische Zeichnung, die jedenfalls Ausdruck der Zapfenmosaik ist, jedoch auch bei dieser Methode keine Andeutung von gelber Farbe, obgleich hierbei die Gefässfigur auf eine von weissem Tageslichte erhellte Fläche projicirt wird. Auch wenn das Auge längere Zeit im Dunkeln verweilt hatte, gelang der Versuch nicht. Gleich resultatlos, in Beziehung auf Wahrnehmung der Farbe blieben die Versuche mit intermittirendem Lichte, die sonst die Macula und Fovea centralis sehr leicht entoptisch erkennen lassen.

Helmholtz gibt (Handbuch der Physiol. Optik, § 25) an, dass man, wenn man durch ein blaues Glas plötzlich nach einer weissen Fläche sieht, oder nach dem blauen Abendhimmel blickt, die Macula lutea als dunklere Stelle sieht, und erklärt dies aus einer Absorption des blauen Lichtes durch das gelbe Pigment der Macula. Es war dies ein weiterer Grund zur Annahme, dass man bei geeigneter Versuchsanordnung die Macula gelb sehen müsse.

Endlich erinnerte ich mich, häufig morgens beim Erwachen beim ersten Aufschlagen der Augen, die schwarze Gefässfigur, auf den grauen Grund meiner Zimmerdecke projicirt, wahrgenommen zu haben, und ich versuchte mehrmals vergebens beim Erwachen schnell genug zum Bewusstsein zu kommen, um mir über die eventuelle entoptische Sichtbarkeit der Macula Rechenschaft geben zu können. Es gelang mir bald sehr leicht die

Digitized by Google

schwarze Aderfigur sehen zu lernen, die ich nun jeden Morgen mit grosser Deutlichkeit einige Secunden lang an meiner Zimmerdecke wahrnehme, dagegen konnte ich während mehrerer Tage keine Helligkeits- oder Farbendifferenz am Fixationspunkte bemerken. Endlich sah ich eines Morgens auf's deutlichste einen gelben Flecken in der Gegend des Fixationspunktes, der aber nach höchstens 1—2 Secunden wieder verschwunden war. So kurz die Beobachtung dauerte, so war ich doch sicher mich nicht getäuscht zu haben. Um nun mit grösserer Ruhe den Versuch wiederholen zu können, zu dessen Zustandekommen es offenbar nothwendige Bedingung ist, dass das Auge sehr lange, wie bei dieser Beobachtung während der ganzen Nacht, ausgeruht hatte, so musste der Versuch so angestellt werden, dass ich nach dem Erwachen zu vollständigem Bewusstsein kommen konnte, ehe Licht in die Augen eingefallen war. Zu diesem Zwecke liess ich mich in der Art wecken, dass mir mein Diener, während ich Morgens noch in tiefem Schlafe lag, ein dichtes schwarzes Tuch über den Kopf warf. Durch diese Procedur wachte ich auf, war aber vor eindringendem Lichte geschützt. Nachdem ich unter dem Tuche vollständig munter geworden, verschloss ich die Augen durch die dicht aufgelegten Hände und liess das Tuch entfernen. Richtete ich sie nun gegen die Zimmerdecke und öffnete, durch rasches Wegziehen der Hand und wieder Bedecken das eine Auge für einen Moment, so sah ich auf's deutlichste die Aderfigur, schwarz auf hellem Grunde, hauptsächlich die grossen Gefässstämme, die in weitem Bogen oben und unten die Macula umkreisen. In der Mitte dieses Gefässkranzes, sah ich jedesmal einen gelben, etwas dunkleren Fleck, der die Gegend des Fixationspunktes einnahm und seiner Grösse nach, auf der Retina einem Flecke von etwa 1,5 mm. Durchmesser entsprechen musste. Da der intensiver gefärbte Theil der Macula von den Meisten etwa zu 1,5—2,0 mm. Durchmesser angegeben wird, so scheint

mir kein Zweifel zu sein, dass das beschriebene entoptische Bild der Ausdruck der Macula lutea ist. Seit 14 Tagen habe ich diesen Versuch täglich wiederholt und jedesmal mit beiden Augen, den gelben Flecken durch momentanes Oeffnen des Auges, mitunter 5—6 mal hintereinander, freilich mit allmählich abnehmender Deutlichkeit, beobachten können.

Bei diesen Versuchen ist noch eine andere Erscheinung von nicht geringerem Interesse zu beobachten. Um den gelben Flecken herum sieht man jedesmal einen grösseren rosenfarbenen Hof, der aussen etwa bis zum blinden Fleck und oben und unten bis nahe an die grösseren Gefässstämme reicht. Derselbe ist am gesättigtsten in der Nähe des gelben Fleckens und geht an der Peripherie allmählich in die weisse Farbe der Zimmerdecke über.

Je besser das Auge ausgeruht ist, um so intensiver in der Färbung und um so grösser erscheint der rosafarbene Hof. Bei den best gelungenen Versuchen musste er meiner Schätzung nach einer Retinagrösse von etwa 5—5 1/2 mm. Durchmesser entsprechen. Diese Erscheinung ist noch schwerer wahrzunehmen und noch flüchtiger als die Beobachtung der Macula lutea, denn letztere ist noch gut entoptisch gelb sichtbar, wenn der Hof schon verschwunden ist. Nur das absolut ausgeruhte Auge ist im Stande die Beobachtung anzustellen; denn, wenn man während des Tages, nachdem also mehrere Stunden das Tageslicht in gewöhnlicher Weise auf die Retina eingewirkt hatte, das Auge, selbst eine ganze Stunde lang, bedeckt hält, so ist doch noch keine Spur der Rosenfarbe zu bemerken. Ist jedoch das Auge die Nacht hindurch gründlich ausgeruht, und hat man am Morgen nur so lange Licht einfallen lassen, bis die Macula lutea und der Hof verschwunden sind, also nur wenige Secunden lang, so genügt ein erneutes Ausruhen von etwa 20 Min., um die Erscheinung wieder in voller Deutlichkeit wahrnehmen zu können.

Aehnliche Beobachtungen, denen wohl die gleiche entoptische

Digitized by Google

Ursache zu Grunde lag, scheinen schon früher gemacht worden zu sein. So gibt *Tait* (Edinburgh Proceedings 1869—70. VII. pag. 605—607) an, dass ihm während eines Unwohlseins jedesmal beim Erwachen das Licht der Lampe etwa 1 Secunde lang tief roth erschien. Er fand darin eine Stütze der Young'schen Theorie, indem er glaubte, dass die Nervenfasern der Retina am Schlafe theilnähmen, dass aber die grün- und violet-empfindenden Fasern ihre Function etwas später wieder erhielten, als die rothempfindenden. Diese Erklärung kann aber für die Erscheinung des rosenfarbenen Hofes nicht richtig sein, denn sonst müsste auch an Stelle des gelben Fleckens zuerst Roth empfunden werden, was nicht der Fall ist.

Auch von *Boll* (Archiv f. Anat. u. Physiol. 1877. I. Pag. 20. Anmerkung) wurde auf eine rothe Färbung des Gesichtsfeldes und eine rostfarbene, der Macula entsprechende Stelle bei ausgeruhtem Auge aufmerksam gemacht, und als subjective Wahrnehmung des Sehpurpurs aufgefasst.

Das entoptische Bild des vollkommen ausgeruhten Auges (Taf. IX), auf die oben beschriebene Weise zur Wahrnehmung gebracht, entspricht auch so vollständig dem Aussehen der centralen Parthieen einer ganz frisch exstirpirten, noch purpurhaltigen menschlichen Retina, dass der Gedanke nahe liegt, in dem rosenfarbenen Hof um den gelben Flecken den entoptischen Ausdruck des Sehpurpurs zu sehen. Man musste freilich daran denken, diese Erscheinung mit Horner's Beobachtung (Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XV, S. 157) in Zusammenhang zu bringen, der beim Betrachten des Augenhintergrundes eines frisch exstirpirten menschlichen Auges an Stelle der Fovea eine sehr schnell verschwindende Röthe zu bemerken glaubte. Allein dies kann die Erscheinung nicht erklären, da selbst die ganze Macula lutea, auch mit ihren helleren diffusen Rändern niemals eine solche Ausdehnung besitzt, wie der rosenfarbene Hof. Ausser-

Digitized by Google

dem konnte bei keinem der von *Kühne* bis jetzt untersuchten, möglichst gut conservirten menschlichen Augen, selbst an den vollkommen normalen, frisch bei Natronlicht exstirpirten nicht, eine rothe Färbung der Fovea constatirt werden, im Gegentheil, es hob sich dieselbe immer ungeröthet, deutlich von der Umgebung ab.

Das einzige Moment, welches ausser dem Sehpurpur zur Erklärung des rosenfarbenen Hofes heranzuziehen ist, liegt darin, dass möglicher Weise die Farbe des Blutes der Retinal- oder Choroidealgefässe entoptisch wahrgenommen werden kann. Dass die Absorption in den Gefässen der Retina die Erscheinung bedinge, halte ich für unwahrscheinlich, denn die grösseren Gefässe, deren Blutschichte dick genug ist, um roth erscheinen zu können, zeigen sich entoptisch immer als schwarze ästige Figuren, und die Absorption in den Capillaren könnte höchstens eine hellröthliche gelbe Färbung hervorrufen, während die Farbe des Hofes deutlich rosenroth ist. Da ich mich jedoch bei der kurzen Dauer der Beobachtungszeit in der Nüance der Farbe getäuscht haben könnte, obgleich ich dies nicht glaube, so stellte ich noch folgenden Versuch an. War der rosenfarbene Hof durch Absorption im Hämoglobin der Netzhaut bedingt, so mussten, wenn man während der Zeit seiner Sichtbarkeit durch einen Spectralapparat sah, die beiden Absorptionsbänder des Hämoglobins wahrgenommen werden können, da Lösungen von Hämoglobin, deren Färbung die Sättigung der Rosenfarbe des Hofes bei Weitem nicht erreichten, die Streifen noch auf das Deutlichste zeigten. Unter den oben angeführten Cautelen geweckt, konnte ich indessen selbst bei mehrfacher Wiederholung des Versuches keine Andeutung von Absorptionsstreifen im Spectrum, welches natürlich so lichtschwach als möglich genommen war, erkennen.

Es bleibt mithin nur noch das Choroidealblut, welches ausser dem Sehpurpur in Frage kommen kann, denn das oph-

Digitized by Google

thalmoskopische Bild des Augenhintergrundes zeigt, dass, selbst bei ziemlich stark pigmentirten Augen, rothes Licht von der Choroidea in's Auge reflectirt wird. Man könnte die Erscheinung desshalb auch auf solches reflectirtes und im Bulbus zerstreutes Licht zurückführen, oder auf solches, welches durch Sclera und Choroidea eingedrungen wäre.

Ich suchte bis jetzt vergebens darüber zu einer sicheren Entscheidung zu kommen; denn dass der rosenfarbene Hof nur vom vollkommen ausgeruhten Auge gesehen werden kann, lässt einerseits die Erklärung zu, dass nur vollständig regenerirter Sehpurpur ausreicht, um entoptisch wahrgenommen werden zu können; andererseits kann man aber auch sagen, dass nur eine vollkommen ausgeruhte Netzhaut farbenempfindlich genug ist, um so schwache Reize wahrzunehmen. Diese letztere Erklärung passt natürlich ebenso für das Roth der Choroidealgefässe, wie für den Sehpurpur. Da indessen das entoptische Bild so vollständig dem Aussehen der frischen Retina gleicht, und für meine Empfindung der Hof entschieden hell purpurfarbig und nicht blutroth erscheint, so möchte ich mich mehr der Annahme zuneigen, dass die Erscheinung auf die entoptische Wahrnehmung des Sehpurpurs zurückzuführen sei, obgleich mir ein bestimmter Nachweis bis jetzt nicht möglich war.

Dass nicht das ganze Gesichtsfeld in der Rosenfarbe erscheint, hängt wohl mit der geringeren Farbenempfindlichkeit der peripheren Netzhautstellen, besonders für rothes Licht zusammen.

Etwas abweichend war die Erscheinung in zwei Fällen, als ich mit nicht vollkommen ausgeruhten Augen den Versuch anstellte, oder nicht schnell genug zum Bewusstsein gekommen war. Das eine Mal war der Hof nicht gleichmässig rosenfarben, sondern mit blassgrünen Flecken durchsetzt; das andere Mal erschien der ganze Hof in hellgrüner Farbe. Ob es sich dabei um complementäre Nachbilder des rosenfarbenen Hofes handelte,

Digitized by Google

vermag ich nach den vereinzelten Beobachtungen nicht zu entscheiden.

Die Abbildung Taf. IX kann natürlich nur den Anspruch eines Schema's machen, doch ist dieselbe möglichst treu aus dem Gedächtniss gezeichnet. Sie soll das entoptische Bild des vollkommen ausgeruhten rechten Auges darstellen.

Digitized by Google

Notiz über die Wirkung des Silbernitrats auf die Nervenfaser.

Von

L. v. Morochowetz.

(Hierzu Tafel X.)

Unter den vielen des Verständnisses noch entbehrenden Erscheinungen an den Nervenfasern stehen die durch Silbersalze erzeugten an erster Stelle. Eine Querstreifung von solcher Deutlichkeit, wie sie *Frommann* (*Virchow*'s Arch., Bd. 31, S. 151) an den Fasern des Rückenmarks entdeckte und *Grandry* an peripherischen markhaltigen Nerven sah, hätte, sollte man denken, die Bahn zu eingehender Erkenntniss der Structur des Axencylinders eröffnen müssen, wenn ihr Structurdifferenzen desselben zu Grunde lagen. Indess sind fast Alle, die sich seitdem mit der Nervenversilberung beschäftigt haben, von keiner Auffassung entfernter geblieben, als von der *Grandry*'s (Bull. d. l'Acad. r. d. Belgique 1868, 2. Ser. XXV.), welche die Silberstreifung zum Belege für einen Schichtenbau aus nervous elements genommen. Ebenso ist es mir bei einigen Versuchen über die Silberreaction an peripherischen und centralen Nerven gegangen: ich kam zu dem Schlusse, dass die Streifung vornehmlich den nächsten Hüllen oder Umgebungen des Axencylinders angehöre und bin in Zweifel, ob die an marklosen Fasern zu erhaltende für gleichwerthig zu halten sei.

Während der Wechsel heller und dunkler Stellen an den

Digitized by Google

marklosen Fasern bis jetzt recht regellos gefunden wurde und die ganze Methode dort überhaupt häufig weniger anschlägt, ist Nichts leichter, als die Gewinnung guter und mit regelmässigen Zeichnungen versehener Bilder bei den peripherischen markführenden Nerven. Man erhält an den Schnürringen das von *Ranvier* beschriebene Kreuz und von diesem ausgehend nach beiden Richtungen hin dunkelbraune und hellbraune bis gelbliche Querstreifen auf dem Axencylinder. Häufig verschiebt sich dieser mitsammt den Streifen in den Hüllen der Art, dass die Stelle, welche vorher in der Einschnürung lag, sammt den nächsten, meist dichter gestreiften Strecken über oder unter die Einschnürung der *Schwann*'schen Scheide geräth. In solchen Fällen wird ein Stück aus dem Querbalken im Kreuze mitgeführt, d. h. eine Scheibe herausgenommen, da das Kreuz selbst nur eine scheibenförmige Platte mit durchgesteckter Axe ist. Fig. 1 und 2, Taf. X stellen unveränderte, Fig. 5, 7, 8 verschobene Kreuze vom Hunde und Kaninchen nach Einwirkung von $^1/_3$ pCt. Silberlösung dar. Auf Fig. 5 und 7 sieht man trotz der Verschiebung noch den Querbalken, welcher der ringförmigen Grenze zweier Abschnitte der *Schwann*'schen Scheide entspricht, die ich geneigt bin, nach den von *Key* und *Retzius* und von *Ewald* und *Kühne* gegebenen Aufklärungen über die Bindegewebsstellung dieser Hülle für eine der häufigen silbergefärbten Kittlinien zu nehmen.

Fast immer fand ich die innere Masse des Querbalkens aus mächtigeren tief geschwärzten Ablagerungen bestehend (Fig. 1, 6, 7, 10, 11, 12) und die Gestalt derselben häufig so, dass ich sie für Niederschläge halten muss, die den Raum erfüllen, welchen die Markmassen um den Axencylinder freilassen. Die Form dieser Lücke ist im Allgemeinen kegelförmig, die Grösse schon an frischen Fasern verschieden, vollends an den mit Silbersalzen behandelten, wo das Mark verändert ist und sich von den Schnürringen zurückziehen kann. Fig. 6, 10, 11 stellen die mit re-

Digitized by Google

ducirten Silberverbindungen angefüllten Kegel dar. In Fig. 6 hat sich die Masse auf dem durchtretenden Axencylinder verschoben, in Fig. 12, wo sich der Kegel in einen längeren schwarzen Cylinder fortsetzt, nur wenig aus dem Schnürringe gelockert.

Wenn die innere Scheibe des queren Kreuzbalkens nicht dem Axencylinder, sondern einer periaxialen Masse angehört, so ist zu erwarten, dass sie gelegentlich in Gestalt einer durchbohrten Platte sichtbar werde. Das Object von Fig. 3 (vom Kaninchen) liess mir darüber schon keinen Zweifel, obwohl die Färbung hier unvollkommen war, das von Fig. 4 aber zeigte solche Scheiben mit hellem kreisförmigem Centrum evident. Es ist natürlich, dass dieses hübsche Bild nur wahrgenommen wird, wo der Querbalken schmal und auf keiner Seite mit kegelförmigen Auflagerungen versehen ist, da es eines kaum zu erwartenden Zufalles bedürfte, um durch eine längere schwarze Masse in der Richtung der farblosen Axe blicken zu können.

Wie die Kegel an den Schnürringen dicker sind, als der Axencylinder jemals nach Silberbehandlung, auch wenn er sich nicht eigentlich färbt, ist, so sind es auch die sämmtlichen dunkleren Querbänder auf allen übrigen Strecken. Alle Beobachter stimmen darin nach Beschreibung und Abbildung überein. Man müsste also dem Axencylinder nicht nur in chemischer Beziehung, sondern auch nach Gestalt und Durchmesser einen Schichtenbau, der auf eine mit tiefen Riefen versehene Stange hinauskommen würde, zuschreiben, wenn das Silberbild seine Structur bezeichnete.

Allem Anscheine nach dringt die Silberlösung, wie *Ranvier* hervorhob, am leichtesten an den Schnürringen in den Nerven ein und in dem Grade schwerer und bereits mehr verändert, oder durch Verbrauch verdünnt zu einem Punkte der Axe, je weiter dieser von der Einschnürung entfernt ist, oder je mehr er sich in der Mitte zwischen 2 Ringen befindet. Dies kann die Ursache der schwächeren und unregelmässigeren Färbung und

Digitized by Google

Streifung an solchen Orten sein. Ich habe daher versucht dem Reagens durch Zerreissen der *Schwann*'schen Scheide andere Wege zu bahnen und fand, dass es leicht gelingt, wenn man die Nerven in der Silberlösung gleich tüchtig zerfasert. So sind Fig. 12, 13, 14, 16 erhalten, die keinen Zweifel mehr darüber lassen, dass um den Axencylinder gelegte ringförmige Räume, oder Kreiscanäle vorkommen, in denen mit Silber zu schwärzende Stoffe liegen. Unter Umständen scheinen dieselben den Axencylinder auf längere Strecken auch continuirlich überziehen zu können, (vergl. Fig. 12 und 13), so dass derselbe nicht gestreift, sondern einfach schwarz oder braun wird und mit solcher Färbung zwischen den breiteren dunklen Streifen auftritt (Fig. 12).

Um den Platz für die erwähnten Kreiscanäle zu finden, bleibt nichts übrig, als die Markscheide, oder periaxiale Räume in dieser, welche *Klebs* (*Virchow*'s Arch. Bd. 32, S. 179) schon angenommen, in Anspruch zu nehmen. Dieselben wären indess nicht als Cylindermäntel aufzufassen, sondern, wie gesagt, als übereinandergeschichtete Ringe, wobei ich selbstverständlich nur die Zustände bei der jeweiligen Reagenswirkung, nicht die normalen im Lebenden in's Auge fasse. Immerhin aber wäre es von Interesse Andeutungen zu finden, die mindestens zeigen könnten, dass bei den Veränderungen des Markes durch Gerinnung oder Fällung so regelmässig angeordnete Schichten verschiedener chemischer Zusammensetzung nach der Axe hin auftreten, wie die vom Silber bezeichneten. Ich habe desshalb Nerven mit Alkohol oder Aether, auch mit beiden behandelt oder schnell und kurz auf 100° C. erhitzt und darauf der Silberwirkung unterworfen, aber es ist mir darnach niemals gelungen etwas von der Streifenwirkung zu erzielen.

Die grössten Schwierigkeiten stellen sich dem Verständnisse der Silberbilder an Nerven des Rückenmarkes entgegen, falls es sich um marklose Fasern der grauen Substanz handelt. Von der

Digitized by Google

weissen Substanz der Hinterstränge des Kalbes erhielt ich das Präparat von Fig. 16 durch Zerzupfen, das sich den Erfahrungen an peripherischen Nerven gut anreiht. Fig. 24 und 25 stellen marklose, aber mit Scheiden versehene Fasern dar, wo die Streifung auf Runzelungen der Oberfläche beruht und entsprechend regellos ist. Abgesehen von den eleganten Bildern an Fasern der grauen Substanz, die durch *Frommann* so bekannt geworden, möchte ich aber auch auf Bilder, wie die in Fig. 17—23 dargestellten aufmerksam machen, wo nur ein Theil der Streifen umgelegten Bändern (22a.a) entspricht, ein anderer Runzeln oder queren Falten (20), während mir eine dritte Art (23a) den Eindruck durchgehender Scheibchen macht, die vielleicht auf Risse der Faser und auf den Anblick gegen die Rissfläche zurückzuführen sind.

Erklärung der Taf. X.

Mit $^{1}/_{3}$ pCt. Silbernitrat behandelte Nerven.

Sämmtliche Figuren sind mit dem Zeichenprisma aufgenommen, Fig. 12, 16, 17—25 mit *Hartnack*'s Immersionssystem X, die übrigen mit Syst. VIII.

Fig. 1—12 vom Kaninchen und vom Hunde, Fig. 13, 14, 15 vom Schweine, Fig. 16 aus den weissen hinteren Strängen des Rückenmarks vom Kalbe, Fig. 17—25 aus dessen grauer Substanz.

Fig. 12, 13, 14, 16 stellen vor und während der Silberwirkung zerrissene Fasern dar.

Digitized by Google

Zur Abwehr einiger Irrthümer über das Verhalten des Sehpurpurs.

Die Art der Beachtung, welche eine Veröffentlichung von *Valentin* (*Moleschott's* Unters. Bd. XII, S. 31) in der referirenden Presse findet, bringt mich in die Verlegenheit einige Widersprüche des Verf. gegen meine Befunde über die Farbe der Netzhaut zu erörtern. Als ich seine Mittheilung las, hatte ich keinen dringenderen Wunsch, als den, niemals genöthigt zu werden, auf Anderes, als auf das Unanfechtbare, das sie ohne Zweifel enthält, einzugehen. Ohne mein Verschulden ist es anders gekommen, indem mir die Pflicht auferlegt wird der unerwarteten Verbreitung von *Valentin*'s Irrthümern zu steuern.

Ich behaupte und bin es zu demonstriren immer bereit, dass eine Netzhaut ohne Licht tagelang purpurfarben bleibt, ja dass eine ganz verfaulte Netzhaut, ebenso eine von Bacterien wimmelnde, mit einer dicken Schimmelkappe bedeckte Lösung des Sehpurpurs ihre Farbe bewahrt. Nach *Valentin* kommt es nur ausnahmsweise vor, dass man an einer Froschnetzhaut am folgenden Tage noch einen schwachen Rest der Färbung erkennt. Hätte er gesagt, die Farbe des ganzen Objectes werde weisslicher, so wäre dagegen nichts zu sagen, obgleich es irrelevant für den Purpur ist, dass seine Sättigung auf der im Absterben getrübten Unterlage geringer wird. *Valentin* sagt, er habe die Froschretina zwischen Objectträger und Deckglas aufbewahrt, ohne hinzuzufügen, ob er sie feucht hielt. Unterliess er das letztere, so musste er sie nach 24 Stunden angetrocknet finden, was ihre Farbe freilich nicht aufhebt, sie jedoch in eine theils durchsichtigere, theils Luft führende rissige Masse verwandelt, deren Farbe erst durch Aufweichen wieder so gut sichtbar wird wie zuvor. Dies ist meine Erklärung der Sache; wer sie gesucht findet, kommt nicht ohne die unfreundlichere Annahme aus, dass *Valentin* das Licht nicht ordentlich abgehalten habe.

Soviel über die Froschretina. Milder fällt die Erklärung der Angaben über den Purpur des Kaninchenauges aus, denn was dieselben über Bleichung oder Erhaltung des Purpurs berichten, wurzelt zumeist einfach in der unzulässigen Methode, die Netzhautfarbe in situ beim Hineinsehen in den Grund des eröffneten und von hinten beleuchteten Auges oder durch die Sklera im Lichte, das durch die Cornea eingefallen, beurtheilen zu wollen. Ich habe längst bewiesen, dass man in dieser Weise die Netzhautfarbe nicht sehen kann, da Niemand, dem ich ein albinotisches Kaninchenauge so zeige, mir sagen kann, ob es ein Optogramm enthält oder nicht, was zugleich die Prüfung einschliesst, wie viel oder wie wenig von dem Stäbchenpurpur auf diffusem blutrothem Grunde überhaupt zu sehen ist. Manche Bemerkungen *Valentin*'s über das Schwinden der Netzhautfarbe beziehen sich daher gar nicht auf diese, sondern auf die des Blutes der Uvea und dessen Fortrücken

Digitized by Google

aus den Gefässen, andere, bei denen zugleich die Wirkung von Reagentien der verschiedensten Art in Betracht kommt, auf das Opakwerden sowohl der Retina, wie des Gewebes der Aderhaut. Es würde zu weit führen hier alle Einzelfälle durchzugehen, da jeder Bearbeiter des Gegenstandes sich alsbald überzeugen wird, dass er mit solchen Beobachtungsweisen von einem Irrthum in den andern fällt.

Nach *Valentin* soll die Netzhautfarbe bei — 6 und — 13° C. in einigen Minuten vollkommen zerstört werden, aber er sagt nicht ob ihm die weiss gefrorenen oder die wieder aufgethauten Netzhäute farblos erschienen. Es würde mir eine Freude sein das erstere annehmen zu dürfen, da ich mir allenfalls denken kann, dass Jemand das helle Rosa der erstarrten Membranen für Bleichung nehme, wenn er es unterlässt die im Dunkeln wieder aufgethauten, deren Farbe unverändert wiederkehrt, zu besehen.

Das Frieren und Thauen muss besonders, wenn es plötzlich und wiederholt geschieht, mechanische Veränderungen an der Retina erzeugen und diese Ueberlegung ist es vielleicht, die *Valentin* um so weniger Anstoss an seiner Beobachtung nehmen liess, als vor ihm nicht nur der gleiche Erfolg von dem Gefrierversuche, sondern sogar von blosser mechanischer Gewalt behauptet worden. Von der erstaunlichen Eigenschaft der Netzhaut durch Druck entfärbt zu werden, las man zuerst in dem Berichte eines italienischen Militairarztes über Netzhautfarben, später leider in deutscher Sprache in einer ernsthaften wissenschaftlichen Zeitschrift: zwischen zwei Glasplatten zerdrückt sollte eine Retina farblos werden. Nichts kann unzweifelhafter sein; aber hat man jemals gehört, dass Einer sich bei dem Wunder aufgehalten, wenn ein Farbetropfen oder ein Klümpchen gefärbter Gelatine so dünn zu drücken war, bis man die Farbe nicht mehr sah? Genau so steht es um die Retina, deren Farbe natürlich wiederkehrt, wenn man sie wieder zusammenschabt. Wer die Lichtempfindlichkeit der isolirten Netzhaut nicht kannte, konnte mit dem Versuche vielleicht schwer zu Stande kommen, aber von Jemandem, der jenen Schlüssel zur Photochemie der Netzhaut selbständig auch gefunden zu haben vorgab, begreift man nicht, wie ihm der nächste aller Einfälle entging: die Netzhaut im Dunkeln zu quetschen, wieder zusammen zu häufeln und dann am Lichte zu besehen. Das konnte man auch ohne die von mir für diese Zwecke gelehrte Natronbeleuchtung recht gut ausführen. Da es nicht geschehen ist, muss also jener „unaussprechliche“ Versuch wirklich und ausdrücklich zu Grabe getragen werden.

Der Sehpurpur soll nach *Valentin* im lebenden Auge besonders bei monochromatischem Lichte auch ophthalmoskopisch zu erkennen sein. Ich wünschte sehr, dass es so sei und hätte um so lieber Beweise dafür gefunden, als eigene Versuche mich noch nicht aus dem Dilemma brachten, den Sehpurpur für ophthalmoskopisch unzugänglich oder mein Geschick für unzulänglich zu halten. *Valentin* sieht mit dem Augenspiegel (l. c. z. B. S. 62) dreierlei: 1. das Leuchten des Sehloches (Pupille), 2. der Blutgefässe, 3. des Augengrundes zwischen den Blutgefässen. Nro. 1 darf ihm nicht

Digitized by Google

geraubt werden, denn er versichert alle 3 Phänomene bei einem und demselben möglichst einfarbigen Lichte in verschiedener Farbe sehen zu können, z. B. bei grünem, 1. sehr rein weiss, 2. schwarz bis tief schwarzroth, 3. weiss bis weissgrünlich. Um kein Misstrauen zu wecken, bin ich genöthigt *Valentin*'s anknüpfenden Schluss (S. 63) wörtlich wieder zu geben. Er lautet:

„Das schwarze Ansehen der Blutgefässe bei einer einfarbigen nicht rothen Beleuchtung erklärt sich dadurch, dass hier, wie bei jedem andern rothen Körper, keine rothen Strahlen zurückgeworfen werden. Zeichnete sich die grüne Flamme des schwefelsauren Kupferoxyd-Ammoniaks dadurch aus, dass das Sehloch in sehr reinem Weiss leuchtete, so folgt, dass unter den grünen Linien, welche dieser Körper im Spectrum zeigt, eine oder mehrere einem Grün entsprechen, das genau die Ergänzungsfarbe des Netzhautroth des Albinokaninchens bildet. Das S. 35 erwähnte grüne Glas leistete ähnliches, wenn auch unvollständiger. Das vorherrschende Weiss, welches die gelbe und die andern Arten grüner Flammen lieferten, deutet an, dass Ergänzungsfarben genug für solche Beleuchtungsarten im Innern des Auges vorhanden sind und dann die Hauptmasse der Netzhaut ihre Farbe nachdrücklicher geltend machen kann.“ —

Wesshalb *Valentin*, um grünes Licht zu erhalten, gerade die Kupferflamme nahm, die ausser grünen sogar schwächere rothe, gelbe und hellere blaue Linien gibt, versteht man nicht, ebensowenig, wesshalb er sich dazu nicht, wie alle Welt, des Chlorkupfers bediente; welche Meinung er indess von seinem Kupferlichte haben mochte, so bleibt der Sinn seines Denkganges der nämliche und dieser befreit uns nicht von der Befürchtung, dass der Verf. den Sehpurpur für selbstleuchtend halten müsse (vergl. auch l. c. S. 35). — Ich habe die Froschnetzhaut in *Becquerel*'s Phosphoroskop untersucht und in keinem noch so intensiven, auch in keinem monochromatischen Lichte daran Phosphorescenz, die man der Fluorescenz wegen vielleicht hätte erwarten dürfen, bemerken können.

Nach den angeführten Proben der *Valentin*'schen Arbeit kann ich nicht weiter gehen und muss es den Fachgenossen überlassen selbständig zu entscheiden, was von des Verf. Angaben zu halten sei, dass der Sehpurpur in O,H,CO_2,CO der Reihe nach langsamer vom Lichte afficirt werde, ob es richtig sei, dass NaCl von 10 pCt. den Sehpurpur zerstöre, eine gesättigte Lösung nicht, ob es ein guter Griff gewesen ganze Netzhäute kräftiger Elektrolyse auszusetzen, wenn man weiss, dass Säuren und Alkalien die Farbe zerstören und daraus zu schliessen, dass erregter Sauerstoff die Ursache sei, seit ich zeigte, dass Ozon nichts über den Sehpurpur vermag, und hinzufügen kann, dass weder die Netzhaut noch eine Purpurcholatlösung in Berührung mit dem von *Hoppe-Seyler* für solche Zwecke verwendeten Palladiumwasserstoff jemals entfärbt werden. Der Leser möge endlich urtheilen, ob es recht war, die Kritik dieser Mittheilungen eines Autors, dessen redliches Bemühen seit einem halben Jahrhundert bekannt ist, zu provociren. *W. K.*

Notiz über die Netzhaut der Eule.

Trotz vieler Bemühungen habe ich es so schwer gefunden lebende Eulen in genügender Anzahl für manche wichtige Versuche, die sich damit anstellen liessen, zu erlangen, dass ich es für zweckmässig halte, über Beobachtungen, die mir am Eulenauge anzustellen möglich geworden, von Zeit zu Zeit etwa in der Weise zu berichten, wie es gewöhnlich mit den auf das menschliche, verhältnissmässig leichter zu erlangende Auge bezüglichen geschieht.

Zwei junge Waldkäuze (Syrnium aluco) von mittlerer Grösse und geringer Abweichung im Gefieder benützte ich, um eigene und fremde frühere Beobachtungen über das Eulenauge zu controliren und die Netzhäute nach längerem Dunkel- und Hellaufenthalte zu vergleichen. Ich liess das eine Exemplar, vom 1.—16. Sept., in unserem vortrefflichen Dunkelzimmer, das andere in einem nach oben und an den Wetterseiten mit Glas gedeckten Drahtkäfige an einem zuweilen auch directem Sonnenscheine zugänglichen Platze im Freien halten. Die Lichtscheu des letzteren war nur im Anfange auffallend; später sah man es fast immer mit weitgeöffneten Augen oft selbst der Sonne zugekehrt sitzen, nachdem es derselben in den ersten Tagen sehr beharrlich den Rücken gewiesen und bei jeder grösseren Helligkeit die Lider geschlossen hatte. Die schwer zu sehende von einer sehr dunklen Iris umrahmte Pupille wurde niemals auffallend eng, was die Lichtscheu im Allgemeinen schon einigermassen erklärlich macht. Wie viel die Eule im hellen Lichte zu sehen vermochte, war schwer zu beurtheilen, da sie sich zuweilen ohne erkennbaren Anlass wild geberdete, andererseits von den sich oft zahlreich um den Käfig versammelnden und lärmenden kleinen Vögeln gar keine Notiz zu nehmen schien.

Am 17. Sept. liess ich das Thier Morgens 8 Uhr in's Dunkle setzen und machte mich eine Stunde darauf an die Untersuchung der Netzhaut. Dieselbe wurde so prächtig purpurn gefunden, wie die des andern gänzlich im Dunkeln gehaltenen Tags zuvor untersuchten: die Regeneration war in den langen Stäbchen augenscheinlich bis an die Grenze der Innenglieder hin vorgeschritten, und ich glaube daher kaum, dass der Process wesentlich langsamer verlaufen werde, als beim Säugethiere.

1) Die bemerkenswertheste Differenz fand sich im Epithel der Netzhaut der beiden Thiere. Dasselbe enthielt (was ich früher [Bd. I, S. 27] nicht gesehen hatte), Fetttropfen in reichlicher Menge, bei dem dunkel gehaltenen in den meisten Zellen von bedeutendem, den Zellenhut fast ausfüllendem Umfange und sehr blasser, kaum strohgelber Farbe, bei dem hell gehaltenen ausschliesslich in Gestalt kleiner und kleinster Tröpfchen von überall intensiv citrongelber Farbe, deren meist 4—10 dicht zusammen lagen. Ich hatte diese Bildungen in den Augen der lange dunkel gehaltenen Eule zuerst

Digitized by Google

ganz vermisst, als ich aber am folgenden Tage die in Salzwasser liegen gebliebenen Augengründe noch einmal sorgfältig durchmusterte, fand ich darin, und wie es schien an den mehr peripherisch gelegenen Theilen, auch einzelne solcher aus kleinen und intensiver gefärbten Fettkügelchen bestehende Häufchen. Der Unterschied bestand demnach darin, dass nur dem lange vor Licht geschützten Auge die grossen blassen Fetttropfen zukamen.

2) Fanden sich nur bei dem hell gehaltenen Thiere ausser den tiefgelben Tröpfchen, zahlreiche farblose Klümpchen, die durch ihre knollige Gestalt und nach der Lichtbrechung sogleich an die beim Frosche vorkommenden ähnlichen Gebilde erinnerten, von denen sie nur in der etwa $^1/_4$—$^1/_6$ davon betragenden Grösse abwichen. In Galle von 5 pCt. zeigten sie auch dieselbe Löslichkeit. Im Auge der andern Eule konnte davon nur nach langem Suchen etwas in sehr wenigen Zellen gefunden werden.

3) Enthielten die sämmtlich mit langen pigmenttragenden Fortsätzen versehenen, beim Ablösen jedoch gar nicht an der Retina adhärirenden Zellen nur in den länger belichteten Augen jene glänzende struppige Zone in der Höhe des Zellenleibes, wo die dunklen Pigmentstäbchen beginnen. Meine Annahme, dass die braunen Pigmentnadeln auch im lebenden Epithel vom Lichte erblassen, dürfte in diesem Objecte noch am ersten zu erweisen sein und ich muss bekennen, dass der Anblick dieses Epithels meine Meinung, dass man das gebleichte Pigment in situ sehe, erheblich befestigt hat. Bei der Probe mit Galle fand ich es aber auch hier unmöglich zu einer festen Ueberzeugung zu kommen, nachdem das Zellprotoplasma ganz gelöst und sein Inhalt gleichmässig ausgestreut war, da die lebhafte Molecularbewegung scharfe Einstellungen auf einzelne farblos scheinende Stäbchen unmöglich machte.

Nach der Entfärbung des Sehpurpurs, die weder schneller noch langsamer als bei andern Thieren am Lichte zu erfolgen schien, fand ich in allen vier Netzhäuten Zapfen sowohl mit farblosen, wie mit blass grünlichgelben grösseren und mit $^1/_2$—$^2/_3$ davon messenden kleineren, ziemlich intensiv gelben Kügelchen. Die ersteren erschienen bei dem Dunkelthiere so wenig gefärbt, dass man sich erst in den Anblick einleben musste, um die schwache Färbung zu erkennen, die letzteren so, dass ihre Farbe wenigstens nicht zu übersehen war. Unzweifelhaft intensiver waren beide Farben bei dem hellgehaltenen Thiere, auch schien die Anzahl der grösseren blass grünlichgelben bedeutender, besonders wenn man von den Augen der beiden Thiere nur die centralen Antheile der Netzhäute verglich. Immerhin waren die Differenzen jedoch nicht gross genug, um nicht auch für individuelle gehalten werden zu können. Wie beschwerlich es sein mag, so wird man also künftig versuchen müssen zwei Augen einer Eule zu vergleichen, deren eines lichtdicht verschlossen worden.

Schwach roth gefärbte Zapfenkugeln, die ich früher bei einem, wie ich bemerken muss, älteren Exemplare derselben Species fand, habe ich an diesen beiden vergeblich gesucht.

Digitized by Google

Makroskopisch war an den Netzhäuten auch nach dem Trocknen, das zweifelhaft gefärbte Vogelnetzhäute immer überraschend intensiv orange werden lässt, keinerlei Färbung zu erkennen und es verschwand in ihnen auch das Sehgelb am Lichte ziemlich rasch. Nur ein im Dunkeln einige Stunden feucht aufbewahrtes und abgestorbenes Netzhautstückchen zeigte die früher von mir bemerkte längere Haltbarkeit des Sehgelb am Lichte, nachdem die Purpurfarbe, wie gewöhnlich schnell bis soweit verwandelt war.

Die ora serrata retinae fand ich im Eulenauge ausserordentlich weit nach hinten liegend, nur wenige Mm. in den hohen Knochenring der Sklera hineinragend.

In der Hoffnung von Vogelaugen, deren Stäbchen wie die der Eulen Purpur besitzen, weitere Aufschlüsse über das Verhalten der retinalen Pigmente zum Lichte zu gewinnen, habe ich noch zwei zufällig erhaltene Bussarde (Buteo vulgaris) zu ähnlichen Beobachtungen benutzt. Meine Voraussetzung, dass wol allen Raubvögeln Sehpurpur zukomme, bewährte sich, denn ich fand die Netzhaut ebenso wie früher die des Falken im Allgemeinen von schwacher, an einigen Stellen von etwas intensiverer streifiger Purpurfarbe, die am Lichte, wie gewöhnlich, erblich. Alle Theile der Netzhaut erschienen darauf sehr schwach oder zweifelhaft gefärbt, obwohl darin mikroskopisch überall farbige Kugeln zu erkennen waren.

Die Retina des einen 10 Tage im Dunkeln gehaltenen Bussards zeigte ausser ziemlich vielen farblosen, rothe, orange und gelbgrüne Zapfenkugeln von mässiger Intensität der Farbe, das Epithel ausser schwarzem Pigment, keine farbigen Bestandtheile, keine Fetttropfen, aber im hinteren Theile der Zellen massenhaft eingelagerte farblose Klümpchen, die sich in Galle lösten. Im Uebrigen war das Protoplasma dieser Zellen nicht sehr glänzend, sehr feinkörnig und nicht streifig.

Bei dem 11 Tage im hellsten Lichte gehaltenen Thiere, das am folgenden Tage nach vierstündigem Verweilen im Dunkeln untersucht wurde, fanden sich die rothen Zapfenkugeln so intensiv gefärbt, dass einige fast schwarz oder rothbraun aussahen und die kleineren orangen, meist unmittelbar daneben gelegenen ebenfalls sehr intensiv gefärbt. Dagegen fehlten gelbgrüne Kugeln gänzlich, aber ebenso die farblosen, denn was überhaupt ausser den orange und rothen an Zapfenkugeln zu sehen war, war von zwar blasser, aber entschieden kenntlicher bläulichgrüner Färbung, die auch an einzelnen losgelösten Zapfen, wo von Täuschungen durch Contrast nicht die Rede sein konnte, ganz deutlich hervortrat. Die Zahl dieser Kugeln war begreiflich sehr gross.

Auch das Epithel dieser Netzhaut war von dem des dunkel gehaltenen Bussards sehr verschieden: es enthielt keine Spur der dort gefundenen farblosen in Galle löslichen Klümpchen und war im pigmentfreien Theile sehr glänzend, streifig, etwa wie von Bacterien vollgepfropft aussehend, so dass man noch mehr, als bei der Eule, auf den Gedanken kommen musste, ausgebleichte Pigmentnadeln vor sich zu haben. *W. K.*

Digitized by Google

Zur Verdauung bei den Krebsen.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

In einer frühern Abhandlung[1]) ist von mir gezeigt, dass bei Astacus fluviatilis und ebenso bei noch andern Arthropoden der Leberauszug wie das natürliche Lebersecret zwei eiweissverdauende Enzyme enthält. Der Beweis wurde dadurch geliefert, dass ich das tryptische Enzym durch das peptische in saurer, das peptische durch Digestion in einer 2 procentigen Sodalösung

[1]) Vergleichend physiol. Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Band II, S. 23.

Die Versuchsanordnung ist in dieser Arbeit, sowie in meiner ersten Mittheilung „Versuche z. vergl. Physiologie etc." (Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ., Heidelberg. Bd. I, S. 328) ausführlicher beschrieben, so dass hier nur darauf hingewiesen zu werden braucht, dass nicht nur die mit wenigen Fibrinflocken angestellten Verdauungsversuche durch gleichzeitig angestellte Versuche mit den gekochten enzymatischen Auszügen controlirt wurden, sondern dass Controlversuche auch bei der Verdauung grösserer Fibrinmengen niemals unterblieben; denn es unterliegt, wovon auch ich mich wiederholt überzeugen konnte, eine grössere Fibrinmasse in salzsaurer Lösung bei Zusatz von gelösten organischen Substanzen viel eher dem Zerfalle, als eine einzelne Flocke. Die Einwirkung liess ich wie früher bei den fibrinverdauenden Versuchen 1—2 Tage, bei den gekochte Stärke saccharificirenden 2—3 Stunden währen. In der grossen Mehrzahl der Fälle trat ein Erfolg bei der Fibrinverdauung aber weit früher (1/2—1 Stunde) ein, so dass ein die enzymatische Wirkung erheblich verzögernder Salicylsäure — resp. Thymolzusatz nicht erforderlich war. Zum Nachweis der Diastase dienten wässrige — wie Glycerinauszüge, welche direct und nach vorhergegangener Dialyse zu den Versuchen Verwendung fanden. Dass auch diese Versuche mittelst gleich zubereiteter gekochter Auszüge der Controle unterworfen wurden, braucht kaum erwähnt zu werden.

Eine Temperatur von 38—40° C. erwies sich in allen daraufhin untersuchten Fällen als die geeignetste, und sie wurde desshalb allgemein eingehalten.

Digitized by Google

bei 38° C.—40° C. vollständig zu zerstören vermochte. Der Beweis, dass sich bei einigen Crustaceen in dem Auszuge und dem Secrete der Leber mindestens zwei eiweissverdauende (ein peptisches und ein tryptisches) Enzyme finden, lässt sich aber auch rein vergleichend physiologisch führen.

Bei Eriphia spinifrons und Squilla mantis konnte weder durch Ansäuern des Leberglycerinauszuges mit Salzsäure, noch durch Extraction der Lebern dieser Krebse mit 0,2 procentiger HCl eine peptische Wirkung auf rohes oder gekochtes Fibrin erzielt werden; in einer Flüssigkeit von 2 pCt. Sodagehalt, wurde aber vom natürlichen Verdauungssafte sowie von dem wässerigen — und Glycerinauszuge der Leber rohes und gekochtes Fibrin sehr bald verdaut. Demnach ist die enzymatische Wirkung des rein tryptisch wirkenden Lebersecretes bei diesen Arten eine wesentlich andere als die des Verdauungssaftes von Astacus fluviatilis.

Während bei Eriphia spinifrons und Squilla mantis das peptische Enzym ausfällt, tritt bei Homarus vulgaris merkwürdiger Weise das tryptische sehr zurück. In einer Lösung von 0.2 pCt. HCl wirkte das Leberglycerinextract und der im Magen angesammelte Verdauungssaft in wenigen Minuten verdauend auf rohes (selbst nach 3 Tagen, aber nicht auf gekochtes) Fibrin, während dieselbe Menge des Leberglycerinauszuges erst nach etwa 20 Stunden[1]) eine gleich grosse Flocke rohen Fibrins in 2 procentiger nicht thymolisirter Sodalösung verdaut hatte. Auch der natürliche Verdauungssaft, welcher wie das Lebergewebe eine schwach saure Reaction besass, wirkte, auf einen Gehalt an 2 pCt. Soda gebracht, im Laufe von 12 Stunden auf rohes Fibrin nicht verdauend ein. Der Mageninhalt

[1]) Fäulnisserscheinungen waren durchaus nicht wahrzunehmen, und der Controlversuch liess keine Veränderung des Fibrins erkennen.

Digitized by Google

zeigte eine kräftig peptische Wirkung auf rohes Fibrin in 0.2 proc. Salzsäure, 2 und 4 procentiger Essigsäure, 1—4 procentiger Weinsäure und 1—4 procentiger Milchsäure. In Oxalsäurelösungen von 1—4 pCt. fehlte die fibrinverdauende Eigenschaft und sie stellte sich auch dann nicht ein, wenn nach 12stündiger Digestion der oxalsäurehaltigen Verdauungsflüssigkeit bei 38° C. die Oxalsäure durch Dialyse im fliessenden Wasser entfernt und durch HCl (die Verdauungsflüssigkeit wurde auf 0.2 pCt. ClH gebracht) resp. durch Soda ersetzt wurde. Bei Zusatz von Borsäurelösungen (0.5, 1.0, 2.0 und 4.0 pCt.) fehlte ebenfalls die eiweissverdauende Wirkung; diese liess sich aber leicht erhalten — selbst nach zweitägiger Digestion einer 4 pCt. Borsäure-haltigen Verdauungsflüssigkeit — wenn ausserdem Milchsäure, Salzsäure, Essigsäure oder Weinsäure zugesetzt wurden. Die Verdauung des gekochten Fibrins in irgend einer der erwähnten Säuren (bei einem Procentgehalte von 0.5, 1.0, 2.0 und 4.0) misslang mir stets.

Um eine ungefähre Vorstellung von der Energie dieses Pepsins und der Quantität desselben in der Hummerleber zu geben, sei folgender Versuch erwähnt.

Einem halben Liter 0.2 procentiger HCl wurde bei einer constanten Erwärmung von 40° C. so lange rohes, mit der Hand stark ausgepresstes Fibrin zugesetzt, bis die entstandene Gallerte so widerstandsfähig geworden war, dass ein unter dem spitzesten Winkel in dieselbe eingesteckter Glasstab nicht mehr dem Gesetze der Schwere folgte; der Glycerinauszug (10 Gramm) von etwa $^1/_{16}$ Hummerleber wurde hinzugefügt, und nach kaum einer halben Stunde gelang es nicht mehr den in senkrechter Stellung gehaltenen Glasstab in der stark verdauten Masse zu fixiren. Nach zwei Stunden war alles Fibrin vollständig verdaut, und die wässrige Beschaffenheit der Verdauungsflüssigkeit liess nichts von der frühern Gallerte und den grossen Mengen des Fibrins vermuthen, welche sie jetzt im verdauten Zustande ent-

Digitized by Google

hielt. Gleiche 10 gr. desselben Glycerinauszuges, welcher in so kurzer Zeit grosse Quantitäten von rohem Fibrin in lösliche Substanzen übergeführt hatte, waren nicht im Stande binnen 50 Stunden nur Eine Flocke gekochten Fibrins in 0.2 procentiger Salzsäure peptisch zu verändern. Wohl Niemand, der diese Versuche anstellen wird, kann im Zweifel sein, dass das Pepsin des Hummers (und ebenso verhalten sich nach meinen Untersuchungen die in 0.2 procentiger HCl wirksamen Enzyme aller bis jetzt untersuchten Gliederfüsser) von dem echten Pepsin wesentlich verschieden ist; denn Mengen des letztern, welche so rapide rohes Fibrin verdauen, vermögen in kurzer Zeit auch des gekochten Herr zu werden.

Durch seine Unwirksamkeit in Oxalsäure — (0.5—4.0 pCt.) haltigen Lösungen, durch die reichliche Bildung von Peptonen unterscheidet sich das Homaropepsin — wie das in 0.2 procentiger Salzsäure rohes Fibrin verdauende Pepsin der Arthropoden fernerhin heissen mag — von dem Helicopepsin, durch die Unfähigkeit gekochtes Fibrin in 2 procentiger Essigsäure in eine lösliche Form zu bringen vom Conchopepsin, und durch seine vollständige Wirkungslosigkeit dem gekochten Fibrin gegenüber in Lösungen andrer organischer Säuren von dem in meiner folgenden Arbeit gekennzeichneten Pepsin der Myxomyceten.

Die mittelst des Homaropepsins verdaute Masse einer hinreichend grossen Quantität rohen Fibrins wurde mit NaOH neutralisirt, und der zähe Niederschlag abfiltrirt, um aus dem Filtrate durch Dialyse die Peptone zu erhalten. Dieselben hatten sich reichlich gebildet; denn das Dialysat nahm auf Zusatz von NaOH und SO_4Cu eine röthliche Färbung an und färbte sich beim Erwärmen mit dem *Millon*'schen Reagens intensiv roth. In dem Schlauche aus vegetabilischem Pergamentpapier, welcher zur Dialyse diente, war durch den Austritt des Kochsalzes ein Eiweisskörper unlöslich geworden. Dieser wurde auf einem Filter ge-

Digitized by Google

sammelt, in Wasser oder 5 procentiger Kochsalzlösung bei 100° C. gelöst und das Filtrat abgekühlt. Es entstand ein weisser Niederschlag, der beim abermaligen Erwärmen verschwand und beim Abkühlen wieder auftrat. In der wässrigen Lösung dieses Eiweisskörpers entstand durch Essigsäure und Ferrocyankalium eine weisse Fällung und auf Zusatz von NaOH und SO_4Cu röthete sie sich in der Kälte wie die Peptone. Einige Tropfen NO_3H riefen in der Kälte einen weissen Niederschlag hervor, welcher beim Erwärmen verschwand, beim Abkühlen abermals auftrat und durch Erwärmen wieder in Lösung gebracht werden konnte. Durch diese Versuche ist die Gegenwart der Hemialbumose unter den Verdauungsproducten hinreichend festgestellt. Auch aus dem Neutralisationspräcipitate der Verdauungsflüssigkeit, welches hauptsächlich aus Antialbumose bestehen dürfte, liess sich noch eine erhebliche Quantität von Hemialbumose durch Auskochen mit einer 5 procentigen Kochsalzlösung gewinnen.

Die Reaction der Speiseballen — am intestinalen Ende des Pylorus noch deutlich sauer — geht beim Hummer während der Wanderung durch den Darm allmählich in eine alkalische über, ohne dass sich aus den Contenten in irgend einem Darmabschnitte ein wässriger oder 2 pCt. Soda haltiger Auszug mit tryptischer Wirkung auf rohes Fibrin gewinnen liesse. Auch von dem Pepsin waren in den Darmcontenten, welche sowohl mit Glycerin, wie mit 0.2 procentiger HCl extrahirt wurden, nur Spuren nachweisbar.

Bei Nephrops norvegicus, welcher zwar nicht wie die übrigen Krebsarten lebend, aber lebensfrisch zur Verfügung stand, liess sich weder durch Extraction des Lebergewebes mit 2 proc. Sodalösung oder Glycerin ein tryptisches Enzym gewinnen, noch wirkte der auf einen Gehalt an 2 pCt. Soda gebrachte natürliche Verdauungssaft auf rohes oder gekochtes Fibrin bei 38° C. nach mehreren Tagen verdauend ein. Bei diesem Krebse scheint somit das tryptische Enzym vollständig zu fehlen. Pepsin

Digitized by Google

enthalten die Extracte der Leber und der Verdauungssaft reichlich, und die Wirkungen auf Fibrin in verschiedenen Säurelösungen weichen von denen des Pepsin beim Hummer nicht ab. Das peptische Enzym lässt sich noch aus den Contenten im Endabschnitte des Darmes durch Extraction mit Wasser gewinnen, während ein tryptisches Enzym auch in diesem Abschnitte des Verdauungsrohres, wo eine alkalische Reaction herrscht, aus den Darmcontenten nicht zu erhalten war. Im Uebrigen scheint ein tryptisches Enzym bei den Arthropoden selten zu fehlen; bei den Mollusken hingegen muss dieses Verhalten, worüber weitere Mittheilungen folgen werden, als Regel gelten.

Der Verdauungssaft und die Leberauszüge von Maja verrucosa und squinado, Palinurus vulgaris und Carcinus maenas enthalten sowohl ein tryptisches wie ein peptisches Enzym, welche bei allen diesen Arten sich in Lösungen von 2 pCt. Soda, 0.2 pCt. HCl, 0.5—4 pCt. Essigsäure, 0.5—4.0 pCt. Oxalsäure, 0.5—4.0 pCt. Weinsäure, und von 0.5—4 pCt. Milchsäure gleich verhalten. In wässriger und 2proc. Sodalösung wird rohes wie gekochtes Fibrin regelmässig sehr bald verdaut und in den sauren Lösungen (ausgenommen die Oxalsäure haltigen Flüssigkeiten, in welchen eine Verdauung nicht zu erzielen war), welche durch entstehende Niederschläge meist stark getrübt sind, bleibt die peptonisirende Wirkung auf rohes Fibrin selten aus. In Ungewissheit bin ich z. Z. noch über die Eigenschaft des peptischen Enzymes in dem Verdauungssafte der Crustaceen dem gekochten Fibrin gegenüber. In meinen früheren Arbeiten ist dieser Punkt fast gar nicht näher erörtert, weil ich es für rathsam erachtete, mich vorerst nach solchen Krebsarten umzusehen, bei denen weniger Enzyme in dem Verdauungssafte vergesellschaftet vorkommen als beim Flusskrebs. Es lässt sich jetzt nur soviel positiv feststellen, dass die Fähigkeit gekochtes Fibrin in essigsaurer (am besten eignet sich zu diesen Versuchen

Digitized by Google

eine 2proc. Lösung) zu peptonisiren, keine Eigenschaft des peptischen Enzymes ist, welches Fibrin in 0.1—0.2proc. HCl verdaut; denn, wie ich bereits angab, fehlt den Essigsäure-haltigen Auszügen der Nephrops- und Homarusleber, sowie den mit Essigsäure versetzten Verdauungssäften dieser Krebse eine enzymatische Wirkung auf gekochtes Fibrin, welche beim Flusskrebs[1]) und bei Coleopteren, deren Verdauungssaft fast nur ein tryptisch die Eiweissstoffe veränderndes Enzym enthält (z. B. von Hydrophilus piceus), oft sehr rapide eintritt.

Die Frage, ob die Wirkung auf gekochtes Fibrin in essigsaurer Lösung dem Arthropodentrypsin eigenthümlich ist, oder ob sie durch ein drittes eiweissverdauendes Enzym bedingt wird, kann erst dann erfolgreich in Angriff genommen werden, wenn eine hinreichend grosse Anzahl von Arthropoden in dieser Hinsicht untersucht sein wird.

Ein zweiter Punkt, welcher jetzt als klargestellt gelten kann, ist die unsichere Wirkung auf gekochtes Fibrin in schwachen Lösungen organischer Säuren (0.5 pCt.), ausgenommen in Oxalsäure. Auch diese Eigenschaft scheint an das tryptische Enzym der Arthropoden gebunden zu sein; denn die Extracte der Nephrops- und Homaruslebern verdauen selbst rohes Fibrin in Lösungen von 0.5 pCt. Weinsäure, Essigsäure oder Milchsäure sehr langsam und sind den gekochten Eiweisssubstanzen (Fibrin und coagulirtes Eierweiss) gegenüber in diesen Flüssigkeiten ganz unwirksam, während in Lösungen von höheren Concentrationsgraden rohes Fibrin in 1—2 Stunden unter Bildung von Peptonen verdaut wird.

---

[1]) In Folge eines Irrthumes bei der Abschrift steht in meiner Abhandlung „Versuche zur vergl. Physiol. der Verdauung etc.", Unters. aus dem physiol. Institute der Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 331. Zeile 8 von oben „wie gekochtes Fibrin" statt „sowie in 2proc. Essigsäure auch gekochtes Fibrin".

Digitized by Google

Eine sichere Wirkung in einer 2- und 4proc. Oxalsäurelösung[1]) konnte ich ebenso wenig mittelst der Leberglycerinextracte bei irgend einem dieser Krebse als durch die directe Extraction der Lebern der in dieser Hinsicht untersuchten Arten (Astacus fluviatilis, Homarus vulgaris, Palinurus vulgaris, Maja verrucosa und Carcinus maenas) erhalten. Es besteht in diesem Punkte eine vollständige Uebereinstimmung mit den Leberauszügen einiger anderer von mir untersuchten Arthropoden (Periplaneta orientalis, Hydrophilus piceus, Carabus auratus, Melolontha vulgaris).

Das tryptische Enzym aller von mir untersuchten Arthropoden bildet aus den Eiweissstoffen neben Peptonen in reichlicher Menge den durch Bromwasser sich röthenden Körper; Leucin und Tyrosin waren unter den Verdauungsproducten aber nicht nachweisbar.

Was die Reaction des Lebergewebes und des Verdauungssaftes bei diesen Krebsen anbelangt, so fand ich bei Maja squinado in den sechs untersuchten Fällen die der Leber so gut wie neutral, die des Magensaftes und der Contenta des Anfangstheiles vom Darme neutral oder schwach alkalisch. Bei der histologischen Untersuchung erwies sich der Darm von Maja squinado reich an Drüsen, welche nicht wie bei Hydrophilus piceus ausserhalb der Muscularis befindlich und diese mit ihren Ausführungsgängen durchbrechen, sondern direct unter der Mucosa liegen. Ihnen wird, wenn schon der Verlauf der Ausführungsgänge nicht genügend erkannt werden konnte, eine Enzymsecretion kaum abzusprechen sein, da sich ein rohes und gekochtes Fibrin in 2proc. Sodalösung sehr bald tryptisch veränderndes und ein in 0.2proc. HCl-Lösung rohes Fibrin im Laufe von zwei Stunden

[1]) Eine verdauende Wirkung auf rohes Fibrin in schwacher Oxalsäurelösung (0.5—1.0 pCt.) erhielt ich nur bei Carcinus maenas und Maja squinado.

Digitized by Google

verdauendes peptisches Enzym aus dem wohl gereinigten Darme mit Glycerin extrahiren liess. Der Inhalt des Enddarmes besass stets eine alkalische Beschaffenheit. Bei Carcinus maenas war der Verdauungssaft alkalisch; das Lebergewebe reagirte alkalisch bis sehr schwach sauer. Bei den etwa 30 Exemplaren, die mir von diesen Krebsen zur Verfügung standen, schwankte die Farbe der Leber von schwefelgelb und orange bis zum lehmfarbigen. Diese Differenzen liessen sich weder mit der Grösse, dem Geschlecht der Thiere und der Färbung des Chitinpanzers, noch mit der wechselnden Reaction des Lebergewebes in eine Beziehung bringen. Da auch dieser Krebs vivisecirt wurde, so können diese Farbenunterschiede der Lebern auch auf keine postmortale Veränderung zurückgeführt werden. Der Verdauungssaft im Magen von Maja verrucosa reagirte bald neutral, bald sauer. Ueber die Reaction der Leber und ihres Secretes fehlen mir bei Palinurus vulgaris die Erfahrungen; doch verdient wohl erwähnt zu werden, dass aus den Contenten im Darme bei diesem Krebse (abweichend von den Befunden bei Astacus fluviatilis) sowohl ein tryptisches Enzym durch 2proc. Sodalösung als ein peptisches durch 0.2 pCt. HCl zu extrahiren war. Bei Palinurus vulgaris kann demnach noch im Darme verdaut werden, während beim Flusskrebs nur in dem sogenannten Magen die eiweisshaltige Kost enzymatisch verändert wird. Dass diese Enzyme nicht nothwendig aus der Leber stammen, sondern theilweise auch von Darmdrüsenzellen, wie bei Maja squinado, secernirt werden konnten, zeigt die mikroskopische Untersuchung. Im Zottengewebe sind meist gruppenweise angeordnete Drüsenacini eingebettet, welche sich trichterförmig in die auf dem Rücken der Zotten mündenden Ausführungsgänge fortsetzen. Macht schon der histologische Befund eine secretorische Function dieser Drüsenorgane wahrscheinlich, so lieferte das Experiment den endgiltigen Beweis, dass auch in

Digitized by Google

der Darmwand eine Secretproduction stattfindet. Aus dem im fliessenden Wasser gewaschenen Darme erhielt ich einen Glycerinauszug, der neben einer diastatischen Wirkung auch die Eigenschaft besass, rohes Fibrin in 2proc. Sodalösung und in 0.2proc. HCl zu verdauen. Demnach können diese Drüsen wohl mit den Mitteldarmdrüsen von Hydrophilus piceus functionell verglichen und die Verdauungsvorgänge bei Palinurus vulgaris und Maja squinado als Bindeglied zwischen der Hydrophilus- und Astacusverdauung angesehen werden.

Bemerkenswerth ist ferner die dicke chitinöse Intima, welche den Darm der Languste bekleidet. Oft erkennt man an ihr noch den Aufbau aus einzelnen Zellen, und es scheint mir die Möglichkeit nicht ausgeschlossen zu sein, dass nur die intercellularen Räume der Intima eine Resorption ermöglichen.

Das alkoholische Extract der Palinurusleber zeigt bei einer Verdunkelung der Enden des Spectrums bis vor *B* und etwas vor *E* ein ziemlich dunkeles Absorptionsband von dem etwa $^1/_4$ hinter und $^3/_4$ vor *C* liegen. Andere Absorptionsstreifen waren im alkoholischen Auszuge der Palinuruslebern nicht aufzufinden.

Bei Maja squinado finden sich bekanntlich am Anfangstheile des Darmes einige von der Leber gesonderte Blindsäcke[1]). Mit dem Glycerinextracte der „cœcums pyloriques" erhielt ich eine fibrinverdauende Wirkung sowohl in 0.2 pCt. HCl (peptische Wirkung), als auch in 2proc. Sodalösung (tryptische Wirkung). Die *Trommer*'sche Zuckerprobe gelang aber mit der gekochten Stärkeflüssigkeit nach einer dreistündigen Einwirkung dieses Glycerinauszuges ebensowenig, wie nach Digestion der Stärke mit dem Glycerinextracte der „cœcums postérieurs", welches letztere nur in dieser Beziehung untersucht werden konnte.

[1]) Cf. *M. Milne-Edwards*. Histoire naturelle des Crustacés. Pl. IV. Fig. 1. m und n.

Digitized by Google

Ich werde später, in Bestätigung einer Angabe *Claude Bernard*'s ausführlicher darlegen können, dass in dem Hepatopankreas und dem Pankreas der Fische eine nothwendige Coexistenz, wie sie auf Grund eines geringen Erfahrungsmateriales mir Anfangs wahrscheinlich war, zwischen dem diastatischen und tryptischen Enzyme nicht besteht. Bei den Krebsen bietet sich dieselbe Gelegenheit zu voreiligen Vermuthungen; denn weder mit dem wässrigen wie mit dem Glycerinextracte der Lebern von Homarus und Nephrops, sowie mit dem natürlichen Verdauungssafte des ersteren daraufhin allein untersuchten Krebses konnte ich eine diastatische Wirkung auf gekochte Stärke erzielen. Alle von mir auf Diastase[1]) geprüften Lebern der übrigen Krebsarten, bei welchen sich auch ein tryptisches Enzym im Lebergewebe und Verdauungssafte findet, vermögen die Stärke diastatisch zu verändern. Doch findet sich bei diesen Arten die Diastase nicht so reichlich vor wie bei Astacus fluviatilis. Als besonders arm an diesem Enzyme erwies sich das wässrige und das Glycerinextract aus der Leber von Palinurus vulgaris.

Wie in der Classe der Fische[2]) ein oder das andre eiweissverdauende Enzym bei einigen Arten (viele Cypriniden einerseits, einige Muraeniden andrerseits) ausfällt, so auch bei den Krebsen. Sehr viele Mollusken (z. B. Helix pomatia und nemoralis, Fissurella costaria, Cassidaria echinophora, Doris tuberculata, Murex brandaris und trunculus, Haliotis tuberculata; Mytilus edulis, Pinna squamosa, Mactra stultorum var. alba, Lithodomus lithophagus etc. etc.) entbehren vollkommen das tryptische

[1]) Sowohl die *Trommer*'sche wie die *Böttcher*'sche Zuckerprobe ergaben für Nephrops und Homarus die Abwesenheit des diastatischen Enzymes in dem nicht der Dialyse unterworfenen Leberglycerinauszuge.

[2]) Vers. z. vergl. Physiol. d. Verdauung mit bes. Berücksichtigung der Verd. b. d. Fischen. Unters. a. d. physiol. Institut der Univ. Heidelberg. Band I, 327.

Digitized by Google

Enzym, vielen Würmern (z. B. Hermione hystrix, Aphrodite aculeata, Siphonostoma diplochaïtos) fehlt das peptische Enzym, und in keinem Typus der Thiere fügt sich der Verdauungsmodus einem einheitlichen Schema.

Die Wirkungsfähigkeit der Arthropodenenzyme auf rohes Fibrin bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten.

(Die dem Kreuze beigesetzten Sternchen bedeuten, dass in der Lösung nicht nur die Verdauung von rohem, sondern auch von gekochtem Fibrin gelang. Wo der Stern fehlt, blieb die Wirkung auf gekochtes Fibrin binnen zwei Tagen aus oder war wenigstens zweifelhaft.)

	Neutr. wäss. Auszug.	Salzsäure v. 0,1—0,2 %.	Sodalösung v. 1—2 %.	Oxalsäure v. 0,5 %.	Oxalsäure v. 1—2 %.	Oxalsäure v. 4 %.	Weinsäure v. 0,5 %.	Weinsäure v. 1—2 %.	Weinsäure v. 4 %.	Essigsäure v. 0,5 %.	Essigsäure v. 1—2 %.	Essigsäure v. 4 %.	Milchsäure v. 0,5 %.	Milchsäure v. 1—2 %.	Milchsäure v. 4 %.	Diastase.
Squilla mantis . .	+*	0	+*	0	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Nephrops norvegicus	0	+	0	0	0	0	.	.	+	+	+	+	+	+	+	0
Astacus fluviatilis .	+*	+	+*	0	0	.	+	+	+	+*	+*	+*	+	+	+	+
Homarus vulgaris . .	.	+	Spuren	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0
Palinurus vulgaris . .	+*	+	+*	0	0	0	+	+	+	+*	+*	+*	+	+	+	+
Maja squinado .	+*	+	+*	+	Spur.	0	+*	+	+	+*	+*	+*	+*	+	+	+
Maja verrucosa .	+*	+	+*	0	0	0	+	+	+	+	+	+	.	.	+	+
Eriphia spinifrons .	+*	0	+*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carcinus maenas . .	+*	+	+*	+	.	.	+	+	+	+*	+*	+*	+*	+	+	+
Periplaneta orientalis .	+*	+	+*	0	0	0	+	+	+	+	+*	+	+	+	+	+
Carabus auratus . .	+*	+	+*	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hydrophilus piceus . . .	+*	0	+*	0	0	0	+	+	+	+*	+*	+*	+	+	+	+
Melolontha vulgaris . .	+*	0	+*	0	0	0	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+
Geotrupes sylvaticus .	+*	0	+*	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+

Digitized by Google

Ueber ein peptisches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten und im Eidotter vom Huhne.

Von **C. Fr. W. Krukenberg.**

Die Befunde von nur peptisch die Eiweisssubstanzen verändernden Enzymen bei vielen Mollusken und Cölenteraten widerlegen ohne Weiteres die Richtigkeit der jüngst mehrfach ausgesprochenen Vermuthung, es möchte die Verdauung bei Wirbellosen durch tryptische Enzyme sich vollziehen. Es hat sich gezeigt, dass z. B. im Körpergewebe der Spongien nur ein auf die Eiweisskörper peptisch wirkendes Enzym vorkommt und dieser Befund führte mich zu den Versuchsreihen, welche im Folgenden niedergelegt sind.

Eine Basis für die functionelle Deutung der Resultate, welche von mir bei den Schwämmen gefunden sind, konnte sich nur aus der Untersuchung der einfachsten organischen Wesen gewinnen lassen. Ich wählte zu meinen Versuchen das Plasmodium von Aethalium septicum, welches Herr Geh.-Rath *Kühne*, wie er mir gütigst mittheilte, bereits mit negativem Erfolge auf Diastase und Trypsin untersucht hatte.

Eine Portion des gelben rahmartigen Plasmodiums, mit Vorsicht rein von dem Substrate (Lohe) abgehoben, wurde 2—3 Tage in einem enghalsigen, verschlossenen Gefässe mit Glycerin extrahirt und daraus ein Filtrat erhalten, welches weder gekochte Stärke bei 38° C. in Zucker umwandelte, noch mit Wasser oder

Digitized by Google

2proc. Sodalösung versetzt, rohes oder gekochtes Fibrin bei 24 und 38° C. verdaute. Der Glycerinauszug besass aber eine stark peptische Wirkung auf Eiweisssubstanzen, welche sich in salzsaurer, (0.1 und 0.2 pCt.), milchsaurer (0.5, 1.0, 2.0 und 4.0 pCt.), weinsaurer (0.5, 1.0, 2.0 und 4.0 pCt.) und essigsaurer (0.5, 1.0, 2.0 und 4.0 pCt.) Lösung kundgab[1]). Aber nicht nur rohes, sondern auch gekochtes Fibrin wird von dem Plasmodiumpepsin in diesen Säuren, falls die Concentration derselben nicht zu schwach ist[2]), verdaut, und zwar bedarf es zu seiner Umwandlung bei geeigneter Temperatur, kaum mehr, als einer 1½mal so langen Einwirkung, welche die des rohen in Anspruch nimmt. Die Rapidität der Wirkung auf rohes Fibrin steht hinter der des Arthropodenpepsins nicht zurück, und der beim Hummer beschriebene[3]) Versuch kann ebenso prägnant mit dem Plasmodiumpepsin angestellt werden. Die rasche Veränderung, welche gekochtes Fibrin durch dieses Pepsin erfährt, findet aber unter den bis jetzt untersuchten peptischen Enzymen aller Evertebratenclassen kein einziges Analogon. Dem Homaropepsin kommt höchstens eine sehr minimale Wirkungsfähigkeit auf gekochte Eiweisskörper zu, das Conchopepsin der Mytilus edulis vermag nur in essigsaurer Lösung dasselbe langsam peptisch zu verändern, und das peptische Enzym von Haliotis tuberculata besitzt ausserdem nur noch eine schwache Einwirkung auf gekochtes Fibrin in Lösungen organischer Säuren von sehr geringer Concentration (0.5proc. Weinsäure), in welchen das Pepsin von Aethalium auf gekochtes

---

[1]) Alle diese Ergebnisse wurden durch in gleicher Weise zubereitete Gemische, in welchen das Pepsin durch Kochen zerstört war, sichergestellt.

[2]) Gekochtes Fibrin wurde verdaut in 0.1—0.3proc. HCl, 1.0—4.0proc. Weinsäure, 1.0—4.0proc. Milchsäure, 0.5—4.0proc. Essigsäure. Die Einwirkung verlief sehr schwach, oder blieb während drei Tagen ganz aus in 0.5proc. Weinsäure und 0.5proc. Milchsäure.

[3]) Zur Verdauung bei den Krebsen. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg, Bd. II, S. 263.

Digitized by Google

Fibrin so gut wie unwirksam ist. Den peptischen Enzymen der Cölenteraten und Echinodermen geht meinen Untersuchungen gemäss die Fähigkeit, in HCl oder organischen Säuren gekochtes Fibrin zu verdauen, vollständig ab. Von dem ächten Pepsin[1]) unterscheidet sich das Pepsin der Myxomyceten aber dadurch, dass es wie das Homaropepsin und Conchopepsin in 3—4 proc. Oxalsäure unwirksam ist. Dass das Myxomycetenpepsin durch Oxalsäure wirklich zerstört werden kann, und das seine Wirkung in 3—4 proc. Lösungen dieser Säure nicht nur latent geworden, oder, wie es bei Gegenwart von Thymol- und Salicylsäure in den Salzsäurelösungen dieses Enzymes z. B. der Fall zu sein scheint, sehr verzögert ist, wird schon folgende meiner Versuchsreihen lehren. Dieselbe, von Controlversuchen (theils mit den gekochten Flüssigkeiten, theils nur mit den Zusatzflüssigkeiten angestellt, wie es mir für den speciellen Fall am zweckmässigsten schien) begleitet, wurde ausgeführt bei einer constanten Temperatur von 38° C., und die zur Verdauung verwendeten Fibrinflocken hatten alle die gleiche Länge (etwa von einem Zoll) und möglichst dieselbe Dicke und Festigkeit. (S. Tabelle folgende Seite.)

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass ein Zusatz von Salicylsäure (bei einem Gehalte von 0.1 pCt. der Verdauungsflüssigkeit an dieser Säure) die Wirkung des Plasmodiumpepsins verzögert, das Enzym aber nach zweitägiger Einwirkung nicht zerstört, denn nach dem Entfernen derselben durch Dialyse zeigt sich keine Differenz zwischen den Lösungen, welche mit Salicylsäure versetzt und welche davon frei gewesen waren. Auch in einer reinen 0.1 proc. Salicylsäurelösung wurde rohes Fibrin durch das

---

[1]) In 3—4 proc. Oxalsäurelösungen, welche sehr geringe Mengen ächten Pepsins enthalten, wird nach meinen Untersuchungen die Wirkung auf Fibrin zwar auch sehr viel später bemerkbar, als in Oxalsäurelösungen von 0.5 oder 1.0 pCt.; aber die Einwirkung war in den concentrirtern Lösungen nur verlangsamt; nie blieb sie ganz aus, wenn eine Verdauung in 0.5 oder 1.0 proc. Oxalsäure eingetreten war.

Digitized by Google

Einfluss der die enzymatische Wirkung[1]) verzögernden Stoffe auf das Plasmodiumpepsin.

(r bedeutet in der Tabelle rohes, g gekochtes Fibrin.)

Nummer des Versuches.	Zusammensetzung des primären Verdauungsgemisches.	Beschaffenheit des primären Verdauungsgemisches.	Wirkungsfähigkeit des primären Verdauungsgemisches.	Zusammensetzung des secundären Verdauungsgemisches.	Wirkungsfähigkeit des secundären Verdauungsgemisches.	Bemerkungen.
1	5 gr. Enzymat. Glycerinextract 15 gr. 0.2%ige HCl.	klar.	r nach 1 Stunde verdaut, g nach 2—3 Stunden verdaut.	10 gr. dialysirte primäre Verdauungsflüssigkeit. 10 gr. 0.4%ige HCl.	r nach 3 Stunden verdaut. g nach 20 Stunden verdaut.	
2	5 gr. Enz. Glycerinextract, 10 gr. 0.2%ige Salicylsäure, 5 gr. 0.4%ige HCl.	klar.	r nach 2 Stunden verdaut, g nach 5—6 Stunden verdaut.	dito.	dito.	
3	5 gr. Enz. Glycerinextr., 5 gr. Wasser, 10 gr. 0.2%ige Salicylsäure.	trübe.	r nach 12 Stunden verdaut, g nach 48 Stunden nicht verdaut.	dito.	dito.	
4	5 gr. Enz. Glycerinextr., 0.5 gr. 10%ige alkoholische Thymollösung, 15 gr. 0.2%ige HCl.	klar.	r nach 2 Stunden verdaut, g nach 12 Stunden angedaut und nach 36 Stunden vollständ. verdaut.	dito.	r nach 3 Stunden verdaut, g nach 20 Stunden stark angedaut und nach 35 Stunden vollständ. verdaut.	Durch den Geruch waren in d. dialysirten Flüssigkeit noch Spuren von Thymol zu erkennen.

[1]) Nach einer 50stündigen Digestion bei 38° C. der als „primäre" bezeichneten Verdauungsgemische wurden die Säuren resp. das Thymol durch eine 24stündige Dialyse im fliessenden Wasser zu entfernen versucht und 10 gr. der so von den Zusatzstoffen vollständig oder theilweise (Thymol) befreiten Flüssigkeit („secundäres Verdauungsgemisch") mit derselben Menge einer 0.4procentigen HCl versetzt. Die Angabe der Stunden ist nur eine annähernde; denn da die Wirkungsenergie von vielen Factoren abhängig ist, welche als Fehlerquellen nicht zu eliminiren waren, so sah ich vornherein davon ab, die Beobachtungen stündlich vorzunehmen. Ich beobachtete die Wirkung in den ersten 10 Stunden von 2-3, später im Laufe von 6-12 Stunden. War die Fibrinflocke durch Auflösung der weniger resistenten Theile mehr zerfallen als verdaut, so bediente ich mich in obiger Uebersicht der Bezeichnung „angedaut".

Digitized by Google

Nummer des Versuches.	Zusammensetzung des primären Verdauungsgemisches.	Beschaffenheit des primären Verdauungsgemisches.	Wirkungsfähigkeit des primären Verdauungsgemisches.	Zusammensetzung des secundären Verdauungsgemisches.	Wirkungsfähigkeit des secundären Verdauungsgemisches.	Bemerkungen.
5	5 gr. Enz. Glycerinextr., 2 gr. 10%ige alkoh. Thymollösung, 13 gr. 0.2%ige HCl.	sehr trübe.	r nach einigen Stunden verdaut, g nach 48 Stunden stark angedaut.	10 gr. dialysirte primäre Verdauungsflüssigkeit. 10gr. 0.4%ige HCl.	r nach 24 Stunden verdaut, g nach 48 Stunden fast vollkommen verdaut.	Das Thymol war durch die Dialyse nicht vollkommen entfernt; daher die verzögerte Wirkung.
6	5 gr. Enz. Glycerinextr., 5 gr. 4%ige Borsäurelösung 10 gr. 0.2%ige HCl.	klar.	r nach 2 Stunden verdaut, g nach 5 Stunden verdaut.	dito.	r nach 3 Stunden verdaut, g nach 20 Stunden verdaut.	
7	5 gr. Enz. Glycerinextr., 3.2 gr. 4%ige Oxalsäurelösung, 12 gr. Wasser.	wenig trübe.	r nach 4 Stunden verdaut, g nach 24 Stunden angedaut.	dito.	r nach 6 Stund. stark angedaut. nach 24 St. vollständ. verdaut. g nach 24 Stunden bis auf einen geringen Rest verdaut.	Wie durch Zusatz v. Kalkw. erkannt wurde, war die Lösung durch Dialyse vollst. oxalsäurefrei geword.
8	5 gr. Enz. Glycerinextr., 3.2 gr. 4%ige Oxalsäurelösung, 12 gr. 0.2%ige HCl.	wenig trübe.	r nach 4 Stunden verdaut. g nach 24 Stunden fast ganz verdaut.	dito.	r nach 24 Stunden vollständig verdaut, g nach 24 Stunden angedaut.	dito.
9	5 gr. Enz. Glycerinextr., 7.5 gr. 4%ige Oxalsäurelösung, 7.5 gr. 0.2%ige HCl.	trübe.	r nach 12 Stunden ziemlich vollständig verdaut, g nach 50 Stunden nicht bemerkbar verändert.	dito.	r nach 24 Stunden verdaut, g nach 50 Stunden noch unverdaut.	dito.
10	5 gr. Enz. Glycerinextr., 15 gr. 4%ige Oxalsäurelösung.	trübe.	r und g nach 50 Stunden sichtlich unverändert.	dito.	r nach 24 Stunden verdaut, g nach 50 Stunden unverdaut.	dito.

Plasmodiumpepsin verdaut. Das Thymol wird wahrscheinlich ebenso wie die Salicylsäure wirken, und die verlangsamte Wirkung nach vorhergegangener Dialyse wird wohl vorzugsweise auf den dialytisch nicht entfernten Rest des Thymols zu beziehen sein, wenn schon der Alkohol, in dem das Thymol gelöst war, für sich etwas verzögernd auf den Verdauungsvorgang einwirken muss.

Digitized by Google

In Borsäurelösungen (0.5 bis 4.0 pCt.), ohne Zusatz einer andern Säure, war das Plasmodiumpepsin unwirksam; die Borsäure, als solche, verzögert die Wirkung desselben kaum, in einer salzsäurehaltigen 1 proc. Borsäurelösung wird die eintretende geringe Verzögerung auf die höhere Concentration des Verdauungsgemisches zurückgeführt werden müssen. In einer 0.5 proc. reinen Oxalsäurelösung verdaut das Plasmodiumpepsin rohes wie gekochtes Fibrin, wennschon die Wirkung auf letzteres sehr verlangsamt ist; diese Verzögerung wird durch einen Salzsäuregehalt von 0.1—0.2 pCt. nicht beseitigt, doch etwas gemindert. In einer 1- oder 2 proc. Oxalsäurelösung ist das Plasmodiumpepsin dem Fibrin gegenüber nicht ganz unwirksam; doch bedarf es dazu noch wirksamerer Lösungen, als die, welche zu dieser Versuchsreihe verwendet wurden. Nie gelang es mir aber mittelst des Glycerinauszuges eine Wirkung in einer 4 proc. Oxalsäure zu erzielen, und aus den Versuchen auf vorstehender Tabelle ergibt sich schon genügend, dass in Oxalsäurelösungen von stärkerer Concentration (über 1 pCt.) die Wirkung des Plasmodiumpepsins nicht nur verlangsamt ist, sondern dass das Enzym selbst zerstört wird. So lassen sich nur die Resultate mit den secundären Verdauungsgemischen, welche durch Dialyse oxalsäurefrei erhalten wurden, erklären. Nach einer achttägigen Digestion von 5 grm. Plasmodiumglycerin mit 10 grm. 4 proc. Oxalsäure bei 38° C. erwies sich ebenfalls das Verdauungsgemisch, nachdem auf dialytischem Wege die Oxalsäure entfernt und die Verdauungsflüssigkeit auf einen Gehalt an 0.1 pCt. HCl gebracht war, dem Fibrin gegenüber als unwirksam, während die gleiche mit 10 grm. 0.2 proc. HCl versetzte Menge des Glycerinextractes durch dieselbe Behandlung keineswegs ihre Wirksamkeit verloren hatte.

Hiernach kann das Pepsin von Aethalium, wie das Conchopepsin, durch Oxalsäure vernichtet werden; aber der zerstörende Einfluss der Oxalsäure macht sich entschieden viel allmählicher

Digitized by Google

geltend, als bei dem Conchopepsin. Bei geringer Concentration der Oxalsäurelösung oder bei einem grossen Enzymgehalte der Verdauungsflüssigkeit ermöglicht die Oxalsäure jedoch die Wirksamkeit des Plasmodiumpepsins und des Conchopepsins, wie jede andere von mir daraufhin untersuchte organische Säure.

Unter den Verdauungsproducten, in welche das Plasmodiumpepsin rohes Fibrin in einer 0.2 proc. HCl umwandelte, liessen sich nach den angegebenen Methoden und Reactionen Peptone und Hemialbumose nachweisen; letztere hatte sich so reichlich gebildet, dass sie noch aus dem zähen Neutralisationspräcipitate, welches wohl vorwiegend aus Antialbumose bestand, durch Auskochen mit einer 5 proc. Kochsalzlösung gewonnen werden konnte.

Die Wirkung des Plasmodiumpepsins verläuft bei 38 und 40° C. energischer, als bei 20 und 12° C.[1]). Auf rohes Fibrin ist keine grosse Verschiedenheit der Wirkungsenergie zwischen 40 und 20° C. zu constatiren, wohl aber zeigt sich dieselbe bei 12° C. erheblich geschwächt. Das gekochte Fibrin, welches bei so energisch wirkenden Enzymen stets zu derartigen Versuchen vorzugsweise verwendet werden sollte, wurde bei 38° C. aber ungleich rascher verdaut, als bei 20° C., und erst nach fast drei Tagen war bei einer Temperatur von 12° C. die Verdauung bis zu dem Punkte vorgeschritten, welcher bei 38° C. in wenigen Stunden erreicht wurde.

Die *Wittich*'sche Methode der Glycerinextraction ist nicht die einzige, mittelst welcher sich das Pepsin aus Aethalium gewinnen lässt; mit HCl kann man dieses Enzym auch direct aus dem Plasmodium extrahiren. Das Plasmodium wird zu diesem Zwecke mit einer 0.2 proc. HCl verrieben und nach einigen Stun-

---

[1]) Die Versuche wurden ausgeführt mit Verdauungsgemischen, welche aus 4 grm. Plasmodiumglycerin und 10 grm. 0.4 proc. HCl bestanden.

Digitized by Google

den auf's Filter gebracht. Das Filtrat zeigt sich wegen des im Plasmodium enthaltenen kohlensauren Kalkes meist neutral, und ein Zusatz der gleichen Quantität 0.4proc. HCl bringt die Lösung auf den frühern Säuregrad zurück. Die so erhaltene enzymatische Flüssigkeit steht in ihrer Wirksamkeit kaum hinter der des Glycerinextractes zurück. Auch durch die directe Behandlung des Plasmodiums mit 4proc. Essigsäure, Milchsäure und Weinsäure lässt sich das Pepsin in Lösung bringen. Eine Extraction des Plasmodiums mit 4 proc. Oxalsäure, von der ein grosser Theil sofort an Kalk gebunden wurde, ergab aber auch hier nur wechselnde Resultate.

Dass ich von der Methode der directen Extraction keinen ausgedehnteren Gebrauch gemacht habe, sondern meist mit den Glycerinauszügen operirte, findet in dem grossen Gehalte des Plasmodiums an Calciumcarbonat seine Begründung. Dieser erschwert die Anfertigung der Lösungen von bestimmtem Säuregrade ungemein, welcher Unsicherheit man durch die Glycerinextraction, deren anderweitige Nachtheile durch die positiven Erfolge der directen Extraction vollständig beseitigt sein dürften, glücklich enthoben ist.

Wurde das Fett, die Extractivstoffe etc. durch Alkohol und Aether vor der Extraction mit Glycerin oder Säuren sorgfältig entfernt, so erhielt ich aus dem weissen Plasmodiumpulver zwar ebenfalls eine verdauende Flüssigkeit, doch weniger wirksam, als die aus dem frischen Aethalium durch Ausziehen mit Glycerin oder Säuren gewonnene. Die Vermuthung, es möchte der Alkohol grössere Mengen des Enzymes ausziehen, hat sich aber nicht als richtig bewährt. Der Alkohol, mit dem ein grosses Quantum frischen Plasmodiums übergossen und mehrere Tage extrahirt war, hinterliess, als er bei 30° C. bis 34° C. eingedampft wurde, einen Rückstand, aus welchem durch directes Ausziehen mit 0.2proc. HCl, 4proc. Essigsäure oder Glycerin, peptisch sehr

Digitized by Google

wenig wirksame Lösungen[1]) zu erhalten waren. Möglich ist es, dass ein Theil des Enzyms unter gewissen Verhältnissen durch den Alkohol unlöslich gemacht oder zerstört werden kann. Versetzte ich den Salzsäureauszug des frischen Plasmodiums bei neutraler Reaction mit Alkohol, so entstand ein reichlicher Niederschlag, welcher sich sehr bald absetzte und auf einem Filter gesammelt wurde. Er löste sich zum grössern Theile leicht in 0.2proc. HCl und Glycerin. Diese Lösungen hatten eine starke peptische Wirksamkeit und nennenswerthe Mengen schienen mir durch die Behandlung mit Alkohol nicht verloren gegangen zu sein.

Eine zweistündige Erwärmung von 65° C. macht die wirksamsten Lösungen des Aethaliumpepsins unwirksam. Eine eintägige Digestion bei 40° C. in 2proc. Sodalösung zerstört gleichfalls das Enzym, während es einer achttägigen Einwirkung[2]) von Trypsin in neutraler Lösung bei 39—40° C. widersteht.

Von dem Aethalium, welches sich noch frisch auf der Eichenlohe befand, hatten einige Portionen stellenweise weniger eine Orangefarbe, sondern erschienen mehr schwefelgelb und waren an der Oberfläche bisweilen von dunkelrothen Zügen durchsetzt. Um zu entscheiden, welches von beiden, das orangefarbige, oder das mehr schwefelgelbe Aethalium, das meiste Pepsin ent-

---

[1]) Es bedurfte im günstigsten Falle einer Zeit von 20 Stunden, bis eine Flocke rohen Fibrins in 0.2proc. HCl verdaut war. Diese sehr geringen Mengen des vom Alkohol aufgenommenen Enzymes erklären nicht annähernd die geringe Wirksamkeit des Glycerin- oder Salzsäureauszuges von dem vorher mit Alkohol behandelten Plasmodium.

[2]) Während dieser Zeit erhielt sich das weder mit Thymol, noch mit Salicylsäure (Spuren von Salicylsäure, welche von der Trypsingewinnung durch Selbstverdauung herrührten waren freilich noch vorhanden) versetzte Enzymgemisch merkwürdig fäulnissfrei und neutral. Das Trypsin hatte trotz der längen Digestion kaum etwas von seiner Wirksamkeit eingebüsst; wenige Minuten genügten, um in dieser Flüssigkeit Fibrin tryptisch (auch auf Zusatz von Soda trat diese rapide Wirkung ein) unter Bildung des durch die Bromwasserreaction indicirten Körpers zu verdauen.

Digitized by Google

halte, wurden von jedem 25 grm. in je einem verschlossenen Gefässe mit 100 grm. 0.2 proc. HCl übergossen und andere 25 grm. von beiden Plasmodiumsorten, jede für sich mit 50 grm. Glycerin, ebenso der Extraction überlassen. Nach drei Tagen wurden die Auszüge filtrirt und von jedem 10 grm. mit der gleichen Menge einer 0.4 proc. HCl versetzt. Es zeigte sich kein Unterschied in der Wirkungsenergie zwischen den Auszügen, welche aus dem schwefelgelben und dem orangefarbigen Aethalium dargestellt waren, und in beiden dürften somit dieselben Mengen von Pepsin enthalten sein. Bei ungünstigen Witterungsverhältnissen wird das Plasmodium von Aethalium nicht selten tief dunkelgrün, und in diesem veränderten Zustande ist sein Pepsingehalt, wie eine der soeben mitgetheilten analoge Versuchsreihe ergab, nur ein sehr geringer.

Die Frage, ob dem Pepsin eine functionelle Bedeutung für das Myxomycetenplasmodium zukommt, konnte durch Reactionen bisher nicht entschieden werden. Ich finde weder die frische noch die eben abgestorbene, weder die junge noch die üppig wuchernde Masse von deutlich saurer Reaction, sondern stets alkalisch oder neutral; ein relativ bedeutender Säuregrad ist aber erforderlich, um das Pepsin wirkungsfähig zu machen. Ob Kohlensäureentbindungen eine Wirkung ermöglichen können, wird näher zu untersuchen sein. Rohes Fibrin in, auf oder unter den kräftig vegetirenden Plasmodiumrahm gebracht, war nach vier Tagen noch unverändert; jede Andeutung einer eingetretenen peptischen Verdauung fehlte.

Der grosse Fettgehalt des Myxomycetenplasmodiums führte mich dazu, das Plasmodiumpepsin auf eine etwa vorhandene Löslichkeit in fetten Oelen zu prüfen. Das Plasmodium wurde successive mit kleinen Portionen von vorher zum Sieden erhitztem und darauf abgekühltem Mandelöl verrieben und nach zwei Tagen auf ein krauses Filter gebracht. Aus dem Filtrate wurde mit

Digitized by Google

Gummi arabicum unter Zusatz einer 0.2 procentigen Salzsäure eine Emulsion bereitet, welche bei einer constanten Temperatur von 38° C. nach drei Tagen keine Einwirkung auf rohes oder gekochtes Fibrin äusserte. Durch directe Behandlung des vorher mit Oel ausgezogenen Plasmodiums mit 0.2 procentiger HCl liess sich noch eine sehr energische Wirkung nicht nur auf rohes, sondern auch auf gekochtes Fibrin erzielen. Falls das Pepsin unter Umständen, indem sich z. B. local Säuren bilden könnten, im Plasmodium wirkungsfähig werden kann, mag die Durchtränkung mit Oel das letztere in nicht geringem Grade vor einer Selbstverdauung schützen.

Aus dem frischen Eigelb vom Huhne lässt sich weder durch Glycerin, noch durch die wässrige Extraction auf directem Wege oder aus der mit Alkohol und Aether entfetteten rein weiss gewordenen Dottermasse ein gekochte Stärke saccharificirendes oder rohes Fibrin in alkalischer und neutraler Lösung verdauendes Enzym gewinnen. Der Glycerinauszug enthält nur ein Pepsin, in seinen Eigenschaften, wie es scheint, abweichend von dem echten Pepsin, dem Plasmodium-, Concho- und Helicopepsin, sich nähernd dem Homaropepsin, doch auch mit diesem kaum identisch.

Schwierig ist es, dasselbe in grösserer Menge zu erhalten, da eine directe Extraction, welche stets sehr trübe, durch Filtration ohne Beseitigung des Enzyms nicht zu klärende Lösungen liefert, nur zu negativen oder wenigstens zu zweifelhaften Resultaten führt. Klare Lösungen lassen sich zwar aus dem mit Alkohol und Aether behandelten Dotter durch Extraction mit Glycerin oder 0.2 procentiger HCl leicht gewinnen, doch sind auch diese so wenig wirksam, dass ich zur Feststellung einiger Eigenschaften lediglich auf die directe Extraction des Dotters mit Glycerin angewiesen blieb. Auf Zusatz von 0.4 procentiger HCl zum gleichen Volumen des Dotterglycerinauszuges entsteht

Digitized by Google

keine Trübung, und die im Dotterglycerin meist vorhandene wird durch den Säurezusatz beseitigt. In diesem Verdauungsgemische wird rohes Fibrin bei 38—40° C. in wenigen Stunden verdaut, gekochtes zeigte sich aber noch nach drei Tagen unverändert. Bei der Anwendung von organischen Säuren als Zusatzflüssigkeiten erhielt ich folgende Resultate, welche durch Controlversuche gestützt wurden. In Essigsäurelösungen von 0.5, 1.0, 2.0 und 4.0 pCt., in Milchsäure- und Weinsäurelösungen von gleicher Concentration, sowie in 0.5 und einprocentiger Oxalsäure wurde rohes Fibrin von dem Dotterpepsin im Laufe von 5—6 Stunden verdaut. In einer 4 proc. Oxalsäure enthaltenden Verdauungsflüssigkeit erwies sich das Dotterpepsin nach drei Tagen als vollkommen unwirksam auf rohes Fibrin. Der Nachweis einer Zerstörung dieses Enzyms durch eine vierprocentige Oxalsäure hat z. Z. mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen, weil die Oxalsäure zweckmässig nur dialytisch, in Gemeinschaft mit den die Eiweissstoffe in Lösung haltenden Salzen zu entfernen ist. Die stark getrübte dialysirte Flüssigkeit war durch Säure- (0.4 pCt. HCl) und Salzzusatz nicht wieder vollständig zu klären und eignete sich in Folge dessen wenig zu weiteren Verdauungsversuchen. Ich möchte desshalb nicht auf den negativen Befund einer enzymatischen Wirkung hin, welchen ich mit diesem secundären Verdauungsgemische erhalten habe, die Zerstörbarkeit des Dotterpepsins durch Oxalsäure entschieden wissen.

Während die Verdauung von gekochtem Fibrin mir mittelst des Dotterglycerinauszuges in keiner der angegebenen organischen Säuren und in 0.1 — 0.2 procentiger Salzsäure gelang, werden grosse Portionen rohen Fibrins auch von diesem peptischen Enzyme sehr bald verdaut. 10 grm. Dotterglycerin einem halben Liter steifer Fibringallerte zugesetzt, führen bei 40° C. sehr bald die Verflüssigung der Masse und im Laufe von 10 Stunden die vollständige Verdauung des Fibrins herbei. Unter den Ver-

Digitized by Google

dauungsproducten finden sich regelmässig Peptome; sehr beträchtlich ist der in der verdauten Masse entstehende Neutralisationsniederschlag. Da grössere Mengen Fibrins in salzsaurer Lösung auf Zusatz von gekochtem Dotterextracte sich verhältnissmässig schnell verflüssigen, so ist es durchaus nothwendig, die Ergebnisse, welche mit den ungekochten peptisch wirkenden Dotterglycerinauszügen erhalten werden, durch entsprechende Begleitversuche, in welchen das Enzym durch Kochen zerstört wurde, zu controliren. Ich habe Versuchsreihen in dieser Weise wiederholt ausgeführt und das Resultat mit den ungekochten Dotterauszügen ist ein so auffälliges und so verschieden von dem der Versuche, bei welchen das Enzym zerstört wurde, dass Niemand im Zweifel sein kann, welches von beiden die ungekochte und welches die gekochte Probe ist. Bei Anwendung weniger Fibrinflocken tritt eine Verflüssigung auf Zusatz des gekochten Dotterextractes nicht leicht ein; doch habe ich auch diese Versuche durch analoge Controlversuche zu stützen für nöthig befunden und sie bei den angegebenen Daten nie versäumt.

Die Wirkung des Dotterpepsins verläuft bei 38—40° C. ungleich energischer als bei 20° C., und bei 12.5° C. wurde die Fibrinflocke in drei Tagen nicht sichtlich mehr verändert.

Salicylsäure und Thymol (den salzsauren Verdauungsgemischen zugesetzt) verzögern die Wirkung sehr erheblich. In einer Flüssigkeit, welche neben 0.2 pCt. HCl 0.1 pCt. Salicylsäure enthielt, war die Fibrinverdauung erst nach zwei Tagen bemerkbar, und in reiner 0.2 procentiger Salicylsäure blieb sie während fünf Tage ganz aus. Ebenso wurde die Fibrinflocke in einer schwach thymolisirten Lösung (bei einem Gehalte von 0.2 pCt. an Thymol) erst in zwei Tagen verdaut, bei einem Thymolgehalt von ein pCt. zeigte sie sich aber noch nach fünf Tagen unverändert.

Ein Rückblick auf die Wirkungen, welche das Dotterpepsin

Digitized by Google

äusserte, lässt es zwar nicht unmöglich erscheinen, dass es sich hier um geringe Mengen echten Pepsins handelt. Diese Möglichkeit ist um so weniger von der Hand zu weisen, seitdem ich mich durch Versuche überzeugen konnte, dass echtes Pepsin (aus Schweinemagen dargestellt) in einer 2—4 procentigen Oxalsäurelösung langsamer auf rohes Fibrin wirkt als in einer Flüssigkeit, welche nur 0.5 oder 1% von dieser Säure enthält. Unsere Extractionsmethoden sind jedoch zu unvollkommen, als dass irgendwie Aussicht vorhanden wäre, grössere Mengen des Enzyms von den störenden Eiweisssubstanzen zu reinigen und concentrirtere enzymatische Lösungen, als sie die directe Glycerinextraction liefert, herzustellen. Bis zum Gelingen der Darstellung einer concentrirteren Enzymlösung, kann die echte Pepsinnatur dieses Enzymes jedoch nur als eine Möglichkeit gelten, wenn schon diese Möglichkeit, wie ich annehmen muss, zugleich recht gross ist.

Anhaltspunkte für eine functionelle Bedeutung des peptischen Enzymes im Eidotter liessen sich hier ebensowenig gewinnen, als bei dem Myxomycetenplasmodium.

Digitized by

Mangan ohne nachweisbare Mengen von Eisen in den Concretionen aus dem Bojanus'schen Organe von Pinna squamosa. Gm.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

In dem weitmaschigen Gewebe der *Bojanus*'schen Drüse von Pinna squamosa finden sich schwarze Concretionen von wechselnder Grösse und schaligem Baue, nicht unähnlich den Corpora amylacea und den Concrementen im Leuchtorgane der Lampyriden.

Es lassen sich dieselben durch Auspinseln des Gewebes leicht isoliren und durch wiederholtes Schlämmen von den beigemengten Gewebsfragmenten vollständig reinigen.

Schon *Schlossberger* [1]) hat eine qualitative Analyse dieser Concretionen von Pinna nobilis ausgeführt, und seine Angaben über die Löslichkeit und über das Verhalten derselben höheren Temperaturen gegenüber sind auch für die analogen Gebilde von Pinna squamosa [2]) zutreffend. Die elementare Zusammensetzung weicht von seinen Befunden aber bedeutend ab.

Um dieselbe zu ermitteln, behandelte ich die Concremente aus den *Bojanus*'schen Organen von vier grossen Steckmuscheln mit warmer HCl, durch welche sie bis auf einen geringen

[1]) *Schlossberger*, Annalen der Chemie und Pharmacie. 1856. Bd. 98. S. 356.

[2]) Die Thiere verschaffte ich mir vom Fischmarkte zu Triest.

Digitized by Google

organischen Rückstand gelöst wurden. Die saure Lösung enthielt keine durch SH_2 fällbare Körper; ein starker Niederschlag, reich an organischen Substanzen, entstand aber nach vorhergegangenem Alkalisiren auf Zusatz von Schwefelammonium. Das Präcipitat wurde zur Entfernung der organischen Substanzen geglüht, und die Asche durch HCl in Lösung gebracht. In der Flüssigkeit waren weder durch Rhodankalium, noch durch Kaliumeisencyanür oder Kaliumeisencyanid erheblichere Mengen von Eisen nachzuweisen und auch in der direct angefertigten salzsauren Lösung der veraschten Concremente gelang mir durch diese Reagentien der Nachweis des Eisens nicht. Die Prüfung auf Eisen in der Asche stellte ich in der Weise an, dass vier kleine Porzellantiegel etwa mit 3 grm. sog. reinster, mit dem zweifachen Volum Wasser verdünnter HCl gefüllt wurden. In zwei Tiegeln wurde die HCl mit einer Lösung von Ferrocyankalium, in den beiden andern mit Rhodankaliumlösung versetzt. So war der Eisengehalt der HCl durch schwache Färbungen bereits indicirt und eine Lösung geschaffen, in welcher der constante Eisengehalt der Säure die Prüfung auf einen Eisengehalt der Asche nicht beeinträchtigte. Der einen mit Ferrocyankalium, sowie der andern mit Rhodankalium versetzten Salzsäureportion wurden die Aschen von mehreren Concrementen zugesetzt; die beiden andern Salzsäureportionen dienten zur Controle. Bei directem Zusatz der Aschen entstanden in dem Salzsäuregemische keine rothe resp. blaue Schlieren, wie ich sie mit Blut- oder Tabaksasche leicht erhalten konnte. Obgleich sich die Asche der Concremente sehr bald gelöst hatte, war keine Zunahme der Farbenintensität in den Salzsäuregemischen in Folge des Aschenzusatzes nach Stunden wahrzunehmen. Auch eine besonders angefertigte Salzsäurelösung der Asche steigerte die Farbenintensität der genannten sauren Gemische nicht.

Nach *Schlossberger* enthält die Asche der Concremente aus dem *Bojanus*'schen Organe von Pinna nobilis reichliche Mengen

Digitized by Google

von Fe_2O_3, doch fehlt in seiner Abhandlung jede Notiz darüber, ob er sich von der Gegenwart des Eisens durch Reactionen näher überzeugt hat. Was die Asche schwach röthlich färbt, ist in den von mir untersuchten Concretionen kein Eisen, sondern Mangan, von welchem ansehnliche Mengen darin vorhanden sind. Die intensiv smaragdgrüne Färbung der Schmelze mit Soda, welche schon wenige Körnchen der Asche hervorrufen, die Amethystfarbe der Phosphorsalzperle, die bekannte Verfärbung des Schwefelammonniederschlages an der Luft lassen keinen Zweifel an dem reichen Mangangehalte dieser Concretionen aufkommen. Ausserdem finde ich in der Asche ziemlich viel Magnesia, aber nur Spuren von Kalk. Beim Erwärmen mit NaOH entwickelt sich aus den Concrementen NH_3, welches durch die bei Gegenwart von HCl entstehenden Salmiaknebel erkannt wurde.

Von Säuren finde ich nur Phosphorsäure (in der salpetersauren Lösung nachgewiesen durch molybdänsaures Ammon), obgleich auch auf Schwefelsäure und Salzsäure geprüft wurde. Es ist mir wahrscheinlich, dass die Säure vorzugsweise mit Mg und NH_3 verbunden, als $PO_4 (NH_4) Mg$ in den Concrementen vorkommt.

Wie andere Seethiere und viele Seepflanzen die Fähigkeit besitzen, das Jod und Brom des Meerwassers in sich aufzuspeichern, wie sich im Blute höherer Thiere bemerkenswerthe Mengen von Eisen anhäufen, und das Kupfer in den Federn der Bananenfresser festgehalten wird, so besitzt das Gewebe des *Bojanus*'schen Organes von Pinna squamosa die merkwürdige Eigenschaft, das Mangan des Meeres, gereinigt von den eisenhaltigen Beimengungen, zu sammeln und in seinem Secrete zu fixiren.

Digitized by Google

Zur Dünndarmverdauung.

Von

Dr. med. **A. Masloff**

(aus Russland).

Die vorliegende Arbeit enthält Resultate von Versuchen über die Wirkung des Dünndarmsaftes, die mittelst zweierlei Methoden gewonnen sind: erstens habe ich mit dem Schleimhautextracte, das künstlich aus dem herausgeschnittenen Dünndarme hergestellt war, experimentirt, zweitens mit dem natürlichen Dünndarmsafte aus *Thiry*'schen Fisteln. Ehe ich zu den Versuchen und deren Resultaten übergehe, muss ich die verschiedenen von mir gebrauchten Methoden zur künstlichen Isolirung der Dünndarmenzyme erwähnen.

Methoden zur Isolirung der Dünndarmenzyme.

Zu diesem Zwecke wurden immer Hunde, die 1—3 Tage gehungert hatten, benutzt.

Erste Methode. Gleich nach dem Tode wurde der Dünndarm herausgenommen und mit einem starken Strahle aus der Wasserleitung 5—10 Minuten lang, ohne das Darmrohr aufzuschlitzen, gewaschen, bis das ausfliessende Wasser vollständig farblos war, wozu die angegebene Zeit von 10 Min. vollständig ausreichte. Dann wurde der so gewaschene Darm aufgeschnitten, noch einmal ausgewaschen und die Mucosa sammt der Submucosa bis auf die Muscularis abgeschabt. Das Durchlassen des Wasserstrahles, sowie das Auswaschen nach dem Aufschlitzen vermag jedoch nicht die Schleimhaut vollständig zu reinigen.

Digitized by Google

Immer war sie von Galle stark gelb gefärbt, und dieser Umstand, sowie die noch zu erörternde Anwesenheit von Pepsin und Trypsin, liessen den Schluss ziehen, dass sie sich nicht mittelst dieser Methode reinigen und dass die Enzyme sich nicht vollkommen isoliren lassen. Das Abschaben geschah folgender Massen: der aufgeschlitzte und ausgewaschene, auf einen Teller gelegte Darm wurde mit einer scharfkantigen Glasplatte gegen den Teller angedrückt, wobei er so lag, dass die Serosa nach unten, die Mucosa gegen die scharfe Kante der Glasplatte gerichtet waren. Indem ich den Darm zwischen dem Teller und der Glasplatte durchzog, bekam ich beliebig dicke Schichten der Mucosa, je nach dem angewendeten Drucke.

Mittelst dieses Verfahrens geht das Abschaben sehr leicht und rasch vor sich. Die so abgelöste Mucosa kam gleich in ein Glas mit absolutem Alkohol und wurde damit 24 Stunden lang stehen gelassen, dann der Alkohol abfiltrirt und die Mucosa 24 Stunden mit Aether extrahirt, der Aether abfiltrirt und die so von Fetten befreite Masse mit Salicylsäure von 2 p. m. versetzt und 24 Stunden darin liegen gelassen. Das Salicylsäure enthaltende Filtrat wurde bei 37—40° C. auf einem Wasserbade abgedunstet. Der Rückstand sollte das Dünndarmenzym nebst geringen Eiweissmengen darstellen. Eingedunstet stellte es eine dunkelbraune schmierige Masse dar, die sich sehr leicht vom Teller abschaben liess. Für einen Versuch brauchte man nur ein etwa erbsengrosses Stückchen, das sich sehr leicht im Wasser löste. Da aber die auf solche Weise gewonnene Masse fast gar keine Wirkung auf Fibrin besass und nur diastatische Eigenschaften zeigte, so bin ich von diesem Verfahren vollständig abgekommen und habe auf den Rath des Herrn Geh.-Rath *Kühne* die folgende Methode benutzt:

Diese zweite Methode bestand darin, dass die auf oben erwähnte Weise ausgewaschene Schleimhaut gleich mit ½ pCt.

Digitized by Google

Sodalösung, der 1/2 pCt. Thymol zugesetzt war, 1 Stunde bei 37° C. digerirt, dann die Lösung abfiltrirt und das Filtrat zu den Verdauungsversuchen gebraucht wurde.

Dritte Methode. Die Mucosa wurde sofort nach dem Abschaben, ohne Alkohol- und Aether-Behandlung in 2/1000 Salicylsäurelösung gebracht, 24 Stunden damit stehen gelassen, abfiltrirt und das Infus zu Verdauungsversuchen gebraucht.

Vierte Methode. Die Mucosa wurde mit Alkohol und Aether behandelt, dann getrocknet, pulverisirt und in Pulverform aufbewahrt.

Die fünfte Methode ist von mir am meisten gebraucht worden. Sie bestand darin, dass die Dünndarmschleimhaut gleich nach dem Abschaben mit Wasser, dem 1/2 pCt. Thymol in feiner Vertheilung zugesetzt worden (etwa 300 ccm. auf die Schleimhaut eines mittelgrossen Hundes), 2 Stunden lang unter stetem Umrühren bei 37—40° C. extrahirt, das Extract abfiltrirt und dieses zu Verdauungsversuchen gebraucht wurde.

Die sechste Methode ist die von *v. Wittich*, welche darauf beruht, dass sich die thierischen Enzyme leicht in mässig concentrirtem Glycerin langsam und ohne Fäulniss lösen. Das nähere Verfahren war dieses: die von mehreren (6) Hunden gesammelten Schleimhäute wurden sämmtlich sofort nach dem Tode des Thieres abgeschabt, mit Alkohol und Aether extrahirt, dann mit reinem Sande zerrieben, mit Glycerin im Ueberschuss versetzt und damit mehrere Wochen stehen gelassen. Dadurch entstand eine breiige Masse, die durch einen Spitzbeutel gepresst, später durch Papier filtrirt wurde. Das Filtrat tröpfelte direct in ein hohes Standglas mit Alkohol. Der flockige Niederschlag, der hiebei entstand, brauchte einen ganzen Tag in der Kälte, um sich zu Boden zu setzen. Der Alkohol wurde theils abgegossen, theils abfiltrirt und das Enzym bei 30—35° C. getrocknet; es gab eine graubräunliche, lederartige Masse, die zum Pul-

Digitized by Google

ver verrieben und in dieser Form in Wasser suspendirt zu Versuchen angewendet wurde. Das Pulver löste sich im Wasser nicht vollständig auf, sondern es blieb immer am Boden des Probirröhrchens ein ungelöster Rückstand.

Versuche.

Die Versuche mit dem Enzyme, das sich nach den erwähnten Methoden darstellen liess, habe ich alle in folgender Weise angestellt: a) Wenn das Enzym in Lösung war, nahm ich gewöhnlich zu einem jeden Versuche in ein Probirgläschen 5 ccm. von dieser Lösung. b) Wenn das Enzym die Form einer breiartigen schmierigen Masse hatte (erste Methode) oder in Form eines Pulvers, so löste ich ein erbsengrosses Stückchen, oder suspendirte das Pulver in 5 ccm. destillirten Wassers, und machte dann je nach Bedürfniss die wässerige Lösung sauer mit einigen Tropfen Milchsäure oder Salzsäure, so dass sie davon 1 p. m. enthielt, oder alkalisch mit $^{1}/_{2}$ pCt. Sodalösung. In letzterem Falle wurde immer Thymol zugefügt. Für Verdauungsversuche habe ich die gewöhnlichen Probirröhrchen von mittlerer Grösse und Breite gebraucht, die mit einem Baumwollenpfropfen zugestopft waren, ehe sie in den Brütofen kamen, damit die Versuche, die meist 24 Stunden und darüber dauerten, nicht durch das Eindringen des Staubes oder der niederen, die Zersetzung namentlich von Stärke begünstigenden Organismen, gestört wurden. Zu demselben Zwecke kam noch über sämmtliche Probirgläser, die im Brütofen standen, eine glockenartige Decke aus Blech. Der Ofen selbst bestand aus zwei Blechcylindern, die ineinander gingen und zwischen welche man das auf 37—40° C. erwärmte Wasser brachte. Im inneren Cylinder befand sich ein Gestell für die Probirgläser. Am Boden desselben unter dem Gestell und den Probirgläsern war etwas Sand aufgestreut, damit die Gläser beim Einsetzen nicht litten.

Digitized by Google

Das Wasser in ihm war von derselben Temperatur (37—40° C.), wie das zwischen ihm und dem äusseren. Die constante Temperatur wurde mittelst einer kleinen, leuchtenden, von einem Schornsteine umgebenen Gasflamme unterhalten. Der innere Cylinder wurde mit der oben erwähnten Decke, die ein Loch zum Einführen des Thermometers besass, zugedeckt.

Als Criterium über die Wirkung des Enzymes, diente das Quellen und dann der allmähliche Zerfall des zur Probe benutzten Fibrinflöckchens und die Untersuchung auf Peptone. Um den Zucker in den Stärkeproben nachzuweisen, bediente ich mich immer der Trommer'schen Probe.

Resultate der Versuche.

Nach der ersten Methode sind von mir die Enzyme des Hundedünndarmes und des Schweines dargestellt worden. a) Vom Hunde. Es wurden dazu immer Thiere gebraucht, die 1—3 Tage gehungert hatten. Die Versuche mit deren Enzymen ergaben keine Wirkung auf das Fibrin, weder bei neutraler noch bei saurer oder alkalischer Reaction der Lösung. Dagegen ging die Zuckerbildung in den Stärkeproben immer ziemlich energisch vor sich, und man konnte z. B. schon nach 20—30 Minuten Zucker in den neutralen und alkalischen Proben nachweisen; die sauer reagirende gab nie irgend eine Zuckerreaction, was auf einem von der Säure bewirkten Hindernisse beruhen dürfte. Diese mit der Beobachtung anderer Forscher z. B. von *Paschutin* übereinstimmende Erfahrung konnte ich auch weiter bei auf andere Weise dargestellten Enzymen machen. b) Beim Schweine. Ich kam darauf Schweinedünndärme zu meinen Versuchen zu benützen, weil die Schweine bekanntlich einen sehr langen Dünndarm besitzen. Leider aber war es mir unmöglich, einen frischen gleich nach dem Tode des Thieres herausgenommenen Darm so schnell zu bekommen, wie ich wünschte, und so sind

Digitized by Google

Versuche, die ich damit angestellt habe, von geringerer Sicherheit, obgleich ich bemerken muss, dass die Enzyme genau dieselben Resultate gaben, wie die vom Hunde.

Nach der zweiten Methode wurde die Schleimhaut selbst mit Fibrin und mit Stärke versetzt. Wie früher bekam man hiermit schon nach 30 Minuten in alkalischen und neutralen Lösungen aus Stärke Zucker, in den sauren dagegen nicht. Auf das Fibrin äusserte nur die saure Lösung ($^2/_{1000}$ HCl.) eine ganz unbedeutende erst nach 3 Stunden zu bemerkende Wirkung. Die Controlproben mit gekochten Lösungen ergaben weder saccharificirende, noch peptische Wirkungen.

Nach der dritten Methode. Das Infusum, das durch diese Methode gewonnen war, wurde auch so verwendet, dass eine saure, alkalische und neutrale Probe gemacht wurden, und ebenfalls gekochte Controlproben von demselben Infusum mit Stärkekleister und Fibrin versetzt wurden. Die Resultate waren dieselben, wie bei der zweiten Methode.

Nach der vierten Methode sind die Resultate verschieden, je nachdem ich dazu die Schleimhaut eines Hundes, der 3 Tage gehungert hatte, oder eines, der in voller Verdauung begriffen war, anwendete. Die Versuche mit dem Materiale des ersteren ergaben keine Wirkung auf das Fibrin, mit dem des zweiten dagegen eine entschiedene, sogar bei neutraler Reaction.

Nach der fünften Methode. Die Dünndarmmucosa eines Hundes, der 6 Tage gehungert hatte, wurde, wie schon oben erwähnt ist, gleich nach dem Tode abgeschabt und in eine $^1/_2$ proc. Thymolmischung mit Wasser gelegt, und damit 2 Stunden unter häufigem Umrühren bei 37—40° C. extrahirt. So bekam ich 300 ccm. alkalisch reagirenden Extractes. Die hiermit erhaltenen Resultate waren folgende: die nicht gekochte, angesäuerte Probe wirkte am stärksten auf das Fibrinflöckchen, jedoch sehr langsam, da der vollständige Zerfall des Flöckchens

erst nach 23 Stunden eintrat. In der gekochten Probe war nach derselben Zeit nur Quellung eingetreten. Ob in der sauren Probe sog. „Darmpeptone“ entstanden waren, konnte nicht untersucht werden, wegen der geringen Quantität des zum Versuche verbrauchten und überhaupt in Lösung gehenden Fibrins, dann aber auch, weil das Extract schon an und für sich alle Peptonreactionen gab. Was die Wirkung auf Stärke betrifft, so ist sie ausser Zweifel, und zwar am bedeutendsten bei alkalischer Reaction, d. h. mit dem Extracte für sich ohne Zusatz von Säure, deren Anwesenheit die Bildung des Zuckers hindert. Die gekochten Controlproben zeigten keine Wirkung, weder auf das Fibrin, noch auf die Stärke (selbst nach 7 Stunden nicht). b) Ausser der Dünndarmschleimhaut der Hunde hatte ich noch Gelegenheit, die ganz frische Dünndarmschleimhaut eines Affen (Macacus cynomolgus) zu untersuchen. Das Extract aus diesem Dünndarme habe ich nach der Methode 5 dargestellt. Die Versuche sind in folgender Weise ausgeführt worden: für eine jede Probe kamen 10 ccm. Extract in Verwendung. Die Proben waren ohne Zusatz alkalisch, ausserdem neutral und sauer. Die Controlproben waren gekocht. Proben mit Fibrin gaben folgendes: in der sauren, nicht gekochten ist das Fibrin schon nach 10 Minuten stark aufgequollen; nach 5 Stunden vollständig zerfallen. Hierbei muss bemerkt werden, dass beim Zusatze von HCl im Extracte eine Trübung entstand, die abfiltrirt wurde, so dass das Fibrinflöckchen in einer durchsichtigeren schwach opalescirenden Flüssigkeit lag. Die gekochte Probe zeigte keine Wirkung auf Fibrin; dagegen zerfielen die Fibrinflocken in den alkalischen und neutralen nach einigen Stunden. Die Proben mit Stärke und dem Extracte, wie es war, ehe es vom eben erwähnten Niederschlage abfiltrirt worden, zeigten die Anwesenheit des Zuckers schon nach wenigen Minuten, während die gesäuerte und filtrirte Probe garnicht, nach dem Neutralisiren

Digitized by Google

kaum auf Stärke wirkte; das diastatische Enzym wird also von dem Niederschlage niedergerissen. Die erwähnte Wirkung der filtrirten Lösung auf Fibrin hing dagegen von solchen Enzymen ab, welche wie das Trypsin oder Pepsin nicht so leicht an solchen Fällungen haften.

Nach der sechsten Methode habe ich entweder das einfach getrocknete und dann im Wasser aufgelöste Enzym, oder dessen abfiltrirte Glycerinlösung zu Versuchen gebraucht. Die Wasserlösung auf $^{1}/_{1000}$ HCl. gebracht, zeigte auch nach Tage langem Stehen keine Wirkung auf das Fibrin; bei der Anwendung von $^{2}/_{1000}$ HCl war das Fibrin schon nach wenigen Stunden zerfallen. Die neutralen und alkalischen Fibrinproben blieben nach Tage langem Stehen im Brütofen unverändert. Die Stärkeproben zeigten schon nach 10—20 Minuten Zucker. Die gekochten Controlproben blieben, wie gewöhnlich, ohne jede Wirkung. — Da sich das Pulver aber nicht vollständig löste, sondern immer etwas davon im Wasser ungelöst blieb, so versuchte ich den Rest mit einer 0,3 proc. Sodalösung in Lösung zu bringen. Da sich die so erhaltene Flüssigkeit wirkungslos erwies, so digerirte ich den oben erwähnten Rest 2 Tage bei 37—40° C., aber auch dieses Verfahren blieb vergeblich. Mit Wasser und 10 Tropfen HCl ($^{1}/_{1000}$) 2 Tage lang bei gewöhnlicher Zimmertemperatur gestanden, hatte sich von ihm auch nicht viel aufgelöst und das Filtrat davon besass keine verdauenden Eigenschaften. Die Glycerinlösung reagirte neutral. Bei saurer, alkalischer, wie auch neutraler Reaction übte sie keine Wirkung auf das Fibrin. Zucker dagegen wurde in den alkalischen, neutralen und schwach sauren Proben schon nach 10 Minuten gefunden. — Stärkere HCl von 0,1 pCt. hinderte die Zuckerbildung. Die gekochten Proben zeigten auch hier keine peptischen und diastatischen Eigenschaften.

Wenn wir jetzt einen Ueberblick über das oben Gesagte

Digitized by Google

halten und es kurz zusammenfassen, so lautet derselbe wie folgt: 1) Alle sechs zur Darstellung der Dünndarmenzyme befolgten Methoden leiden an dem Fehler, dass durch keine von ihnen die Enzyme allein für sich darstellbar oder aus der Schleimhaut extrahirbar sind. — Alle damit gewonnenen Resultate, gleich denen früherer Untersucher sind also nicht beweisend genug, da die Schleimhaut der zur Darstellung der besonderen Darmenzyme gebrauchten Hunde, gleichviel ob sie 3 oder 6 Tage gehungert hatten, immer mit Galle imprägnirt gewesen und kein Auswaschen im Stande war, die Färbung fortzubringen. Die Gallenfarbstoffe gingen dann in die Extracte über, worin man sie erkennen konnte; wo aber Galle gefunden wurde, konnten auch kleine Beimischungen von Trypsin aus dem Pankreas und Pepsin aus dem Magen, die weniger auffällig waren und deren Wirkung auf Rechnung des Dünndarmenzyms gesetzt wurde, vorkommen. 2) Das Fibrin in Berührung mit dem Extracte des Dünndarmes gebracht kommt nur in Anwesenheit von Säure zum Quellen und zerfällt. Hier ist ausser der Säure eine Enzymwirkung sicher, aber vielleicht nicht eines Darmenzyms, sondern eines oberflächlichen an der Schleimhaut haftenden Pepsins, das aus dem Magen stammen kann. Da in einigen Fällen wenigstens schwache Fibrinverdauung bei neutraler und alkalischer Lösung vorhanden war, so ist hier an das dem Darme ebenso fremde zurückgehaltene Trypsin des Pankreas zu denken.

3) Die Stärke wird am schnellsten bei der alkalischen Reaction gespalten, etwas langsamer bei neutraler und schwach saurer. Die stark saure Reaction von 2. p. m. HCl wirkt hindernd auf die Zuckerbildung. Alles das stimmt mit dem Verhalten des Ptyalins, wie des pankreatischen Zuckerbildners überein.

Weitere Untersuchungen über die Dünndarmverdauung habe ich mit dem Darmsafte aus *Thiry*'schen Fisteln angestellt. Ehe

Digitized by Google

ich darüber berichte, möchte ich einen interessanten Versuch erwähnen, der streng genommen, zwischen den Versuchen mit künstlichem und denen mit reinem Darmsafte steht. Es ist nämlich der Versuch mit dem Safte aus einer nach *A. Moreau*'s Verfahren mittelst Durchschneidung der Darmnerven gefüllten Darmschlinge. Die Schlinge war 24 Stunden vor Wiedereröffnung angelegt worden und nach dieser Zeit ziemlich schwach mit Saft gefüllt. Derselbe besass eine opalescirende weingelbe Färbung und enthielt zahlreiche weisslich-gelbe Flocken. Der Saft reagirte alkalisch. Weil seine Quantität eine sehr geringe war, versetzte ich ihn mit 50 ccm. ½procentigem Thymolwasser und unter seiner Einwirkung sind auf die oben mehrfach wiederholte Weise Versuche angestellt, die zu folgenden Resultaten führten: in der sauren Probe war das Fibrin nach 5 Stunden schon vollständig zerfallen; die neutrale und alkalische Probe wirkten etwas langsamer. — Die gekochten Proben waren sämmtlich unwirksam. Stärke zeigte folgendes Verhalten: in der neutral reagirenden und alkalischen Probe hatte sich früher Zucker gebildet, während derselbe in der sauren erst später nachzuweisen war.

Zwei Hunde mit *Thiry*'scher Fistel waren zu meiner Verfügung. Das Operationsverfahren bei Anlegung derselben war das von *Thiry* angegebene, auch mit der von ihm angegebenen Modification zur Vermeidung des Prolapsus an der Fistel, indem das Bauchende des isolirten Darmstückes durch einen Längsschnitt gespalten und dann mittelst Schnürstiefelnaht verengt wurde. Dadurch war der Fisteleingang nach seiner Einheilung in die Bauchwunde so eng geworden, dass das Stäbchen des *Leube*'schen Apparates, welches nicht dicker als ein gewöhnlicher Gänsefederkiel war, mit Mühe hineinging. Etwa 4 Wochen

Digitized by Google

nach der Operation wurde der Hund Nr. 1 zu Versuchen gebraucht. Obwohl die Fistel schon nach 14 Tagen vollständig in die Bauchwunde eingeheilt war, so eiterte der Fisteleingang doch noch etwas, was das Sammeln des Saftes nicht erlaubte. Gewöhnlich sah die Schleimhaut der Fistel blassroth und trocken aus. Sie secernirte nur, wenn sie auf irgend eine Weise gereizt wurde, z. B. durch Einführen eines Glasstäbchens oder, wenn der Hund in Verdauung begriffen war.

Der Dünndarmsaft reagirte stets alkalisch. Er hatte einen eigenthümlichen aromatischen Geruch, sah weingelb, undurchsichtig und schwach opalescirend aus. Fast ein Drittel von der ganzen jedesmal gewonnenen Menge bestand aus weisslichgelben Flocken, die unter dem Mikroskope wie ein Conglomerat von sog. Schleimkörperchen aussahen. Aus einem solchen isolirten Dünndarmstücke wurde der Saft mittelst des von *Leube* angegebenen Apparates gewonnen. Das obere Ende des daran befestigten Glasstabes lag in der Fistel und übte einen beständigen mässigen Reiz auf die Schleimhaut des Darmes aus. So bekam ich durchschnittlich in einer Stunde 1,0—2,0 ccm. Saft der oben erwähnten Eigenschaften. Da diese Menge unconstant und dabei zu gering war, so gewann ich ihn gewöhnlich durch Reizung mit mässigen Inductionsschlägen. Im nüchternen Zustande sonderte das isolirte Darmstück keinen Saft ab; wenigstens konnte ich nach stundenlangem Beobachten keinen einzigen Tropfen aus der Fistel herauskommen sehen, wenn sie vorsichtig geöffnet wurde. Die Absonderung wurde überhaupt durch den Reiz eingeleitet. Um beim Sammeln des Saftes möglichst wenig zu verlieren, bediente ich mich des genannten *Leube*'schen Apparates auch zum Elektrisiren, mit der kleinen Modification, dass anstatt des verticalen Stäbchens eine Glasröhre von derselben Dicke angesetzt wurde, durch deren ganze Länge ein Leitungsdraht ging, der an seinem Ende, um die Schleimhaut nicht zu

Digitized by Google

kratzen, mit einem Schwämmchen versehen wurde. Somit war eine Elektrode direct in die Fistel, die andere unweit von ihrer Bauchöffnung am Bauche angebracht. Der Darmsaft lief direct in das Probirgläschen unter dem Trichter hinein. Die Absonderung bei elektrischer Reizung betrug fast das Doppelte, wie nach mechanischer Reizung. Die Reizung wurde eine Stunde lang fortgesetzt, wobei je drei Minuten nach zwei Minuten Pause gereizt wurde. Nach einer Stunde schien die Schleimhaut so ermüdet, dass die Absonderung sich merklich verminderte. Interessant ist die Thatsache, dass zuweilen bei schwacher elektrischer Reizung ein dickflüssiger, bei starker ein dünnflüssiger Saft auslief. Injectionen von HCl von 0,4 pCt steigerten auch die Darmsaftsecretion. Dann brachte ich dem Hunde in den Mund alle 10 Minuten kleine Quantitäten von Aether, was indess keinen Einfluss hatte. Endlich injicirte ich demselben Hunde subcutan 1 gr. des Alkohol- und Wasserauszuges von Joborandiblättern mittelst einer *Pravaz*'schen Spritze. Da das Präparat unrein war (es enthielt viel harzige, im Wasser unlösliche Bestandtheile), so zeigten sich auch die Injectionen von keiner beständigen Wirkung. Desswegen spritzte ich dem Thiere das Pilocarpinum muriaticum (das wirkende Princip der Joborandiblätter) ein, dessen Wirkung auf die Absonderung ganz eclatant war. Der Hund bekam in eine Hautvene zuerst 0,01 Pilocarpin. muriat. in 1,0 Aq. dest.; nach 4 Minuten kam der erste Tropfen und dann ging die Absonderung kolossal rasch vor sich. Die gesammte Quantität vom Hunde Nr. 1 betrug in zwei Stunden 40 ccm. Beim Hunde Nr. 2, welcher 0,005 Pilocarpin. muriatic. in 0,5 Aq. dest. zur Injection bekommen, begann die Absonderung erst nach 2 Minuten und ergab in einer Stunde und 40 Minuten 9 ccm. Saftes. Der Saft dieses letzteren zu den Verdauungsversuchen wegen Vereiterung der Fistel gewöhnlich nicht benutzten Hundes war dünnflüssig, etwas stärker als normal roth tingirt, enthielt

Digitized by Google

nicht nur Schleimflocken, sondern auch ganze Stücke von Dünndarmschleimhaut; unter dem Mikroskope konnte man sehr deutlich den Bau der Schleimhaut und der *Lieberkühn*'schen Drüsen erkennen. Ueberhaupt hatte der Saft nicht mehr den Charakter des normalen Darmsaftes, sondern glich mehr einer Transudationsflüssigkeit. — Gleichzeitig mit der Absonderung des Saftes wurde nach dem Pilocarpin auch Urin gelassen, Koth entleert, viel Speichel abgesondert und erbrochen und zwar in der genannten Reihenfolge. Die verdauenden Eigenschaften dieses Saftes waren nicht gross: weder saure noch alkalische oder neutrale Proben zeigten eine nennenswerthe Wirkung auf das Fibrin. Stärke dagegen wurde in alkalischen und neutralen Proben schon nach 30 Minuten in Zucker umgewandelt. Das eben Gesagte gilt von dem Safte beider Hunde. Der auf mechanische Reizung gewonnene Saft hatte die bekannten Eigenschaften des normalen Dünndarmsaftes. Das Fibrin löste sich in ihm unter allmählichem Aufquellen auf, aber sehr langsam, nur bei saurer Reaction erst nach 24 Stunden und unvollkommen. — Die alkalischen und neutralen Proben haben nie (obwohl ich mehr als 100 Versuche angestellt habe) irgend eine merkliche Wirkung auf das Fibrin geäussert, wenn die Fäulniss durch Spuren von Thymol verhindert worden. Um sicher zu sein, dass die bei saurer Lösung vorhandene Wirkung nicht allein von der Salzsäure abhängt, habe ich immer gleichzeitig auch Proben mit reiner HCl derselben Verdünnung angestellt und wohl das Aufquellen des Fibrins, nie aber das völlige Auflösen auch nicht nach viel längerer Zeit als im Dünndarmsafte gesehen. Da man aber weiss, dass manche Gemische, die organische und andere Stoffe enthalten, bei den hier in Frage kommenden schwachen Säuregraden Fibrin leichter angreifen, als die verdünnte reine Säure, so wurde kein Versuch ohne Controle mit einer gleich gesäuerten aber vorher gekochten Saftprobe angestellt und diese ergab immer, dass der Saft die

Digitized by Google

Wirkung auf Fibrin bei 100° verlor. Die Proben mit Stärke gaben meist nach 30 Minuten bis 1 Stunde constant Zucker; zugefügte Salzsäure verzögerte ganz entschieden diesen Process. Die alkalische Reaction des Saftes schien die Umwandlung der Stärke in den Zucker zu begünstigen. Ausserdem habe ich noch Verdauungsversuche mit rohem und gekochtem Fleisch und mit gekochtem Hühnereiweiss angestellt. Zu diesem Zwecke wurden nur ganz kleine längliche Stückchen Fleisch genommen, damit man an ihnen die geringsten Veränderungen wahrnehmen könnte. Diese sämmtlichen Versuche ergaben negative Resultate, d. h. ich konnte nie irgend welche Veränderungen an den Stückchen wahrnehmen, und in der Flüssigkeit keine Peptone finden. Das gekochte Hühnereiweiss wurde in Form kleiner Würfel oder Plättchen gebraucht, damit man an den Rändern bemerkte, ob sie corrodirt würden oder nicht. Ich fand auch nach 24 Stunden nicht die geringste Veränderung an ihnen. Die Wirkung des Saftes auf die Fette habe ich keine Gelegenheit zu untersuchen gehabt.

Wie gross die Umwandlungsfähigkeit innerhalb des Dünndarmes war und wie rasch sie sich manifestirte, konnte ich aus folgendem Versuche schliessen: ich injicirte mehrere Male 10 Gramm dünnen Stärkekleisters direct in die Fistel des Hundes I, hielt die Fistel mit meinem Finger zu, indem der Hund auf einer Seite gebunden lag, und fand in der nach 10 Minuten herausgelassenen Flüssigkeit Zucker. Einige Male sah ich schon nach 4 Minuten Zucker im Kleister aus der Fistel treten. Auch Fibrin habe ich versucht direct in die Fistel zu bringen, um es dort der Verdauung und Resorption zu überlassen. — Nach 2½ Stunden wurde das Fibrin unverändert aus der Fistel herausgezogen und nach dem Trocknen und Wägen stellte sich nicht eine Verminderung, sondern eine Vermehrung des Gewichtes heraus. Hierbei muss noch bemerkt werden, dass die Peristaltik des Darmes so stark war, dass man

Digitized by Google

das Tüllbeutelchen mit dem Fibrin fast alle 5 Minuten wieder hinein schieben musste, was mit grossen Schwierigkeiten verbunden war, da der Fisteleingang sehr eng war, und beim Einführen des Fibrins leicht verletzt wurde und blutete; der Hund spannte dann wieder seine Bauchpresse an, so dass das Fibrin herausdrang. Diese Umstände haben mich bewogen den Versuch nicht mehr zu wiederholen.

Es erübrigt mir jetzt noch das Gesagte sowohl über die Wirkung des künstlichen als des natürlichen Dünndarmsaftes zusammenzufassen.

1) Man kann auf verschiedene Weisen den Dünndarmsaft und Dünndarmenzyme gewinnen. Die Methoden dazu sind: erstens das Anlegen einer *Thiry*'schen Fistel, zweitens die oben besprochenen 6 Methoden der Extraction von Dünndarmschleimhaut.

2) Die Wirkung des reinen Darmsaftes aus *Thiry*'schen Fisteln ist der Wirkung der auf künstlichem Wege dargestellten Dünndarmenzyme fast gleich.

3) Ihre Wirkung besteht darin, dass das rohe Fibrin bei saurer Reaction verdaut, und aus der Stärke Zucker, am schnellsten bei alkalischer Reaction, wird. Stark saure Reaction hindert die Zuckerbildung. Die gekochten Proben hatten niemals eine Wirkung weder auf Stärke, noch auf Fibrin gezeigt. Auf das gekochte und rohe Fleisch und auf gekochtes Hühnereiweiss zeigte der Saft aus *Thiry*'schen Fisteln keine Wirkung.

4) Da aber die Fibrinverdauung durch angesäuerten Dünndarmsaft, wenn man sie mit der erstaunlich raschen Wirkung des Magensaftes oder des Pankreassaftes vergleicht, nur sehr langsam geschieht und wenn man gleichzeitig die kolossale Resorptionsfähigkeit des Dünndarmes in Betracht zieht, so ist wohl der Schluss zu ziehen erlaubt, dass die eigentliche Rolle des Dünndarmes nicht in einer Speisenumwandlung in einen resorptionsfähigeren Zustand, son-

Digitized by Google

dern fast ausschliesslich in der Resorption der durch andere Säfte schon in diesen Zustand versetzten Nahrung besteht.

Meine Resultate weichen in manchen Punkten von denen der früheren Beobachter ab. Ich war ausser Stande, im natürlichen Darmsafte ein in neutraler oder alkalischer Lösung Eiweiss verdauendes Enzym zu finden. Dann konnte ich die saccharificirende Wirkung des Darmsaftes bei allen meinen Versuchen constatiren.

Der erstere negative Befund widerspricht den Angaben vieler Beobachter, vor allem denen *Thiry*'s. Ich meine jedoch, dass man diese in neuerer Zeit mit Recht zu bezweifeln beginnt, denn es kann Niemandem die Unzuverlässigkeit solcher lange währender Verdauungen in schwach alkalischen Lösungen, die auffälliger Weise nur auf rohes Fibrin wirken sollen, entgehen, da der Geruch und das Mikroskop jedesmal auf Fäulniss und Bacterien weisen, wenn das Fibrin zerfällt. *Thiry*'s Versuche mit dem vermeintlich isolirten specifischen Darmenzyme sind diesem Einwande nicht weniger unterworfen, während die meinigen, welche die Fäulniss in alkalischer Lösung durch den Thymolzusatz ausschlossen, nur dem Einwande ausgesetzt sind, dass das Thymol das fragliche Enzym an seiner Wirkung hindere, wofür es unter sämmtlichen bekannten Enzymen kein einziges Analogon gibt. Das angebliche Darmenzym müsste ausserdem noch eine Menge anderer, mit denen keiner anderen Substanz ähnlicher Art übereinstimmender Eigenschaften haben, da es Niemanden bisher gelungen ist, aus der Darmschleimhaut einen Körper oder ein Extract von jenem dem Succus entericus zugeschriebenen besonderen Verdauungsvermögen zu erhalten, was meine mit den neueren Methoden angestellten Versuche nur bestätigen. Findet sich in der Schleimhaut ein neben Thymol in nicht saurer Lösung verdauender Körper, so ist es jedesmal Trypsin, wie aus der Violetfärbung der Probe mit Br oder Cl leicht zu ersehen ist, und dieser ist

Digitized by Google

charakteristischer Weise im Darme hungernder Thiere nicht oder kaum, im Safte der Darmfistel nie enthalten.

Das Verhalten des mit HCl gesäuerten Fistelsaftes gegen Fibrin zeigt dagegen Pepsin als eines der natürlichen Absonderungsproducte des Darmepithels an, so lange diese Reaction unter Berücksichtigung der Peptonbildung für hinreichend zum Nachweise dieses Enzymes gehalten wird. Die Thatsache ist um so weniger auffällig, als kleine Pepsinmengen von *Grützner* u. A. schon in den Cylinderzellen der Pylorusdrüsen und der *Brunner*'schen Drüsen, und Spuren von Pepsin fast in allen Säften und Geweben von *Brücke* und *Kühne* gefunden sind.

Das saccharificirende Enzym endlich wurde im unvermischten Darmsafte von den früheren Beobachtern ebenso oft vermisst, als gefunden, so dass an individuelle Verschiedenheiten oder solche der Race bei den Hunden zu denken wäre.

Schliesslich erlaube ich mir noch, dem Herrn Geh.-Rath *Kühne*, in dessen Laboratorium diese Arbeit ausgeführt wurde, meinen Dank auszusprechen. —

Digitized by Google

Zur Degeneration durchschnittener Nerven.

Von

Dr. **Th. Rumpf.**

Die neuen Gesichtspunkte, die sich einerseits aus der genaueren Erkenntniss der Scheiden der Nervenfaser, andererseits aus dem Studium der chemischen Natur des Axencylinders und speciell aus der Löslichkeit desselben in Lymphe nach vorhergehender Aufquellung ergaben, mussten dazu führen, das Verhalten einzelner Theile der Nervenfaser bei der Degeneration einer erneuten Untersuchung zu unterwerfen.

Durch Verwendung der von *Ewald* und *Kühne*, sowie von mir systematisch geübten Entmarkung versprachen diese Untersuchungen auch über das Verhalten des Axencylinders, als des wichtigsten Theiles der Nervenfaser, Aufklärung, über dessen Verbleiben oder Verschwinden bei der Degeneration trotz der vielen diesen Gegenstand betreffenden Arbeiten eine Einigung unter den verschiedenen Forschern nicht erzielt ist.

Am meisten berücksichtigen die seitherigen Untersuchungen das Verhalten des Nervenmarkes. In dem peripheren Stücke eines durchschnittenen Nerven soll dieses mehr oder weniger verändert der Resorption anheimfallen, während der nicht resorbirte Rest, in der *Schwann*'schen Scheide eingeschlossen, lange Zeit persistire.

Ausser diesen Veränderungen des Markes sollen nach *Ewald* und *Kühne* bei der Degeneration auch einzelne Theile der von ihnen nachgewiesenen Umhüllungen des Markes, der hornführenden Scheiden sichtbar werden. Beide Forscher benutzten ausser andern

Digitized by Google

Methoden auch die Degeneration zur Darstellung dieser Gebilde. *Tizzoni*[1]) konnte das Sichtbarwerden derselben nach Nervendurchschneidungen bestätigen. Die ausser diesen Erscheinungen in den Markhüllen auftretenden Veränderungen beziehen sich vor Allem auf eine beträchtliche Vermehrung der Kerne und des Bindegewebes.

Die meisten dieser Beobachtungen wurden an dem peripheren Stücke durchschnittener Nerven gemacht und im Allgemeinen auf eine mit der Trennung vom Centralorgane wegfallende Erregung oder Ernährung bezogen, bis *Engelmann*[2]) nachwies, dass in den ersten Tagen nach der Durchschneidung auch in einem kleinen Stücke des centralen Endes derselbe Entartungsvorgang ablaufe, wie in dem peripheren. Dieser Vorgang soll nach *Engelmann* von der Schnittstelle aus sowohl in centripetaler als in centrifugaler Richtung, jedoch nur bis zum nächsten *Ranvier*'schen Schnürringe gehen und mit dem eigentlichen Degenerationsprocesse nichts zu thun haben. *Engelmann* fasst ihn als ein von diesem zu trennendes und nur durch die Durchschneidung bedingtes Absterben der sogenannten, durch den Schnürring angeblich begrenzten Nervenzelle auf. Derselben Ansicht, dass es sich bei diesen kurz nach der Durchschneidung auftretenden Veränderungen nicht um den eigentlichen Degenerationsprocess handle, ist *Colasanti*[3]). Er glaubt den Vorgang als „traumatische Veränderung der Nervenstrecken" bezeichnen zu müssen, während *Korybatt-Daszkiewicz*[4]) denselben als entzündliche Degeneration der nachfolgenden paralytischen gegenüber stellt.

Die Beobachtungen von *Engelmann* und *Colasanti* beziehen

---

[1]) Med. Centralblatt 1878, Nr. 13.

[2]) *Pflüger*'s Archiv. Bd. XIII.

[3]) Archiv f. Anat. u. Physiol. 1878, III u. IV.

[4]) Ueber die Degeneration und Regeneration der markhaltigen Nerven. Diss. Strassburg 1878.

Digitized by Google

sich wesentlich auf das Nervenmark und wurden nach 1—3 Tagen gemacht; *Korybatt-Daszkiewicz* hat auch die einige Stunden nach der Operation auftretenden Erscheinungen untersucht und hier eine Quellung des Nervenmarkes sowohl als des Axencylinders gefunden. Der hiervon zu trennende eigentliche Degenerationsprocess soll im ganzen Verlaufe der abgetrennten Faser unabhängig von der Entfernung vom Centrum gleichzeitig anheben.

Einen Unterschied zwischen sensibeln und motorischen Fasern will *Colasanti* nicht bemerkt haben. Zu seinen Versuchen benutzte er das Meerschweinchen. Von andern Forschern wurde hauptsächlich der Frosch verwendet. Von den Säugern unterscheidet sich dieser wesentlich dadurch, dass der degenerative Process bei ihm viel langsamer verläuft und zum vollständigen Ablauf meist Wochen bedarf. Doch lassen sich eine Reihe von Erscheinungen bei ihm auf das trefflichste verfolgen.

Wir beginnen desshalb mit den Degenerationserscheinungen am Frosch.

Am einfachsten wird der Nervus ischiadicus benutzt, den man leicht am Oberschenkel aufsuchen kann. Um die Einmischung von etwaigen Regenerationsvorgängen zu vermeiden, wurde von den meisten Forschern ein kleines wenige Millimeter langes Stück des Nerven gleichzeitig herausgeschnitten, ein Verfahren, das ich für gewöhnlich ebenfalls befolgte. Doch überzeugte ich mich, dass auch bei einfachen Durchschneidungen ohne gleichzeitige Resection der Process in den ersten Tagen wenigstens ganz der gleiche ist. Nimmt man 24 Stunden nach der Durchschneidung den peripheren Stumpf heraus und untersucht entweder in NaCl-Lösungen, oder nach der Färbung mit Osmiumsäure, so zeigt sich an dem Präparate Folgendes:

Direct am Schnittende sieht man die Fasern vielfach von Massen zusammengeballten Markes umgeben, das in unregel-

Digitized by Google

mässigem Ballen theils dem Schnittende anklebt, theils die Lücken zwischen einzelnen Fasern ausfüllt. Vielfach lässt sich der Ursprung desselben insofern nachweisen, als ein directer Zusammenhang des äusseren Markes mit dem noch in der Faser befindlichen vorhanden ist. Direct am Schnittende enthalten nämlich die Fasern noch deutlich sichtbares Mark. Doch ist diese anscheinend den normalen Inhalt aufweisende Strecke sehr kurz und geht allmählich in eine solche über, in der das Mark mehr oder weniger vollständig zu fehlen scheint. Diese Partie findet in der Regel an dem nächsten Schnürringe ihre Grenze, ohne dass dieses jedoch immer der Fall ist.

An Osmiumpräparaten folgt auf ein kleineres gefärbtes Stück der Faser ein solches, das fast gar nicht gefärbt mit feinen Körnchen angefüllt ist. An dem nächsten Schnürringe beginnt in der Regel wieder das normal gefärbte Mark; doch habe ich auch eine nicht unbeträchtliche Zahl Fasern constatiren können, an welchen die scharfe Grenze zwischen zwei Schnürringen, anscheinend an einer Einkerbung ihren Sitz hatte. Dabei war der der Schnittstelle nächste Schnürring entweder bei grosser Entfernung nicht erreicht, oder bei grösserer Nähe überschritten.

Der Axencylinder ist an diesen Präparaten nicht zu sehen. Um ihn sichtbar zu machen, bedarf es der Entmarkung mit Alkohol und Aether. Mit Hämatoxylin gefärbt zeigt sich an dem Präparate nun Folgendes:

An Stelle des schmalen Axencylinders, wie er sonst unter der Behandlung mit Alkohol und Aether hervortritt, bietet sich jetzt in der dem Schnittende nahe liegenden Strecke ein im Allgemeinen ziemlich verbreiteter Axencylinder dar. Derselbe zeigt seine beträchtlichste Vergrösserung nicht zu weit von dem Schnittende, wo er mit einer meist kolbigen Anschwellung endigt, so dass ein nach dem Schnittende gelegenes Stück der Faser einen Axencylinder überhaupt nicht mehr enthält. Nach

Digitized by Google

dem peripheren Ende zu nimmt die Quellung des Axencylinders langsam ab, ist jedoch an dem nächsten Schnürringe und darüber hinaus meist noch nachweisbar.

Welche Erklärung haben wir für diese Bilder?

Zur Erklärung der Quellung des Axencylinders genügt es wohl an die Resultate meiner[1]) früheren Untersuchungen zu erinnern.

Ich habe nachgewiesen, dass der Axencylinder nach der Trennung von seinen centralen und peripheren Endapparaten unter der Einwirkung der Lymphe quillt und nach kurzer Zeit der Resorption anheimfällt. Bei unsern jetzigen Versuchen haben wir nur eine einfache Trennung von dem centralen Endorgan bewirkt. Aber für die Quellung eines kleinen Stückes und die Resorption eines noch kleineren an der Schnittstelle gelegenen und so der Einwirkung der Lymphe am meisten ausgesetzten hat auch die einfache Durchschneidung genügt.

Wie aber verhält sich das Mark zu diesem Vorgange? Ich habe schon an anderer Stelle die mit Strömungserscheinungen innerhalb der Faser verlaufenden Quellungsvorgänge des Markes und das Austreten dieses aus dem Schnittende geschildert. Die damaligen Untersuchungsflüssigkeiten waren Wasser, Kalilauge und Essigsäure. Hinzufügen muss ich noch, dass ähnliche Erscheinungen, wenn auch viel langsamer unter der Einwirkung von Lymphe auftreten.

Die gleichzeitige Quellung des Axencylinders trägt vielleicht auch einen Theil der Veranlassung dieses Vorgangs, wobei das Mark, wie auch *Korybatt-Daszkiewicz* angibt, in der Nähe der Schnittfläche den Eindruck einer gequollenen Masse macht, wie sich am Besten an Präparaten nach kürzerer Einwirkung von Lymphe nachweisen lässt.

---

[1]) Diese Untersuchung. Bd. II, Heft 1.

Digitized by Google

Wird nun der Faserinhalt durch Quellung einem stärkeren Druck ausgesetzt (die nicht zu elastischen hornführenden Scheiden ertragen, wie sich leicht in destillirtem Wasser verfolgen lässt, nicht die gleiche Ausdehnung wie die *Schwann*'sche Scheide), so muss eine Strömung nach den Stellen des geringeren Widerstandes das Resultat sein, wobei dann zu berücksichtigen ist, dass mit zunehmender Entfernung von der Schnittfläche ein Punkt erreicht werden muss, an welchem Druck und Reibungswiderstand nahezu in's Gleichgewicht kommen. Dass dabei natürlich jedes grössere Hemmniss, und als solches müssen wir doch jedenfalls einen Schnürring bezeichnen, leicht die Grenze sein kann, ist selbstverständlich. Ausserdem kommt aber noch hinzu, dass die Veränderung des Axencylinders und Markes unter der Einwirkung der Lymphe sich zunächst doch nur an den der Schnittstelle nahe liegenden Partieen geltend macht und ein weiterer Theil der Faser mit intactem Axencylinder auch jene Veränderung des Markes nicht darbietet.

Zu erklären bleibt hierbei nur noch, wesshalb nahe an der Schnittstelle jene hier und da ziemlich beträchtlichen Markreste in der Faser zurückgeblieben sind. Die Erklärung für diese Erscheinung haben wir wohl wesentlich in dem durch die Entleerung gewonnenen Raume und in den durch Gerinnung des Markes am Schnittende sich mehrenden Austrittsschwierigkeiten zu suchen. Vielleicht sind auch die stärkere Quellung und Resorption des Axencylinders am Schnittende dafür von Bedeutung.

Für die 24 Stunden nach der Durchschneidung an dem peripheren Stücke eines Nerven sich darbietenden Bilder haben wir demnach eine einfache Erklärung in der zersetzenden Wirkung der Lymphe.

48 und 72 Stunden nach der Durchschneidung sehen wir an Osmiumpräparaten eine wesentliche Differenz gegen die früheren Bilder nur in dem Verhalten des Markes an der Schnittstelle.

Digitized by Google

Theils zeigt es besonders im Innern der Faser nicht mehr jene intensive Farbe, wie sie der Wirkung des Osmiums auf die Stoffe des Markes sonst eigenthümlich ist, theils ist es auch im Ganzen vermindert, ein Umstand, den wir mit Wahrscheinlichkeit jenen jetzt in grösserer Zahl vorhandenen Zellen zuschreiben müssen, die sogar in das Innere der Faser eindringend den Markdetritus aufnehmen und weiter transportiren.

An den entmarkten Fasern lässt sich zu dieser Zeit das Fehlen des Axencylinders schon weiter in die Faser hinein verfolgen. Doch geht der Schwund ausserordentlich langsam. Das kolbig gequollene Ende zeigt sich dem nächsten Schnürringe etwas näher, ist jedoch weit entfernt ihn erreicht zu haben. Dagegen beschränkt sich die leichte Aufquellung des Axencylinders am dritten Tage nicht mehr auf die vom ersten oder zweiten Schnürringe begrenzte Partie, sondern geht schon tiefer in die Faser hinein, ohne sich jedoch deutlich zu begrenzen. Sie kann in keiner Weise als mächtig in die Augen fallende Quellung bezeichnet werden, ist vielmehr an einzelnen Stellen nur durch leichte Varicositäten nachweisbar und verliert sich langsam in die normale Strecke.

Ziemlich die gleichen Bilder wie in dem peripheren Stücke finden sich in den ersten Tagen nach der Durchschneidung in dem centralen. Auch hier entleert sich das Mark aus dem der Schnittfläche angrenzenden Theile, auch hier findet eine Quellung des Axencylinders statt; doch betrifft die letztere nur das dem Schnittende zunächst liegende Stück und selten erstreckt sie sich in deutlicher Weise über den nächsten Schnürring. Dieser Quellung folgt ebenfalls eine Auflösung; doch geht auch sie nur selten weit in die Faser hinein.

Nach 3 und 4 Tagen sieht man schon manche Fasern, an welchen zwar ein kleines Stück des Axencylinders im Innern fehlt, aber das nach der Schnittfläche gerichtete Ende desselben zeigt hier vielfach keine kolbige Anschwellung, sondern ein voll-

Digitized by Google

ständig normales Verhalten. Es beruht dieses höchst wahrscheinlich darauf, dass das stärker gequollene Anfangsstück schon gelöst ist, während die weitere nur in geringem Grade von der Lymphe afficirte Partie unter dem Einflusse der Centralorgane wieder zum normalen Verhalten zurückgekehrt ist. Dieser Rückkehr zum normalen Verhalten schliessen sich dann bald Regenerationsvorgänge an, von welchen hier abzusehen ist.

Im peripheren Stücke gehen nun im Laufe mehrerer Tage jene Veränderungen vor sich, die in letzter Zeit als die eigentliche Degeneration von den eben beschriebenen Vorgängen gesondert wurden. Wesentlich zeigen sich diese am Marke, dessen Einkerbungen zunächst deutlicher und breiter werden; dann tritt eine geringere Färbung mit Osmiumsäure ein und endlich folgt eine Bildung von unregelmässigen Tropfen und Schollen im Mark. Indessen ist beim Frosch dazu ausserordentlich viel Zeit nothwendig. Auch der Axencylinder verändert sich sehr langsam. Zwar nähert sich das Ende desselben durch Resorption immer mehr dem Schnürringe; doch verläuft dieser Vorgang mit sehr geringer Schnelligkeit. 7 und 8 Tage nach der Durchschneidung sieht man noch vielfach den Axencylinder in das zwischen Schnittstelle und erstem Schnürringe gelegene Schaltstück der Faser hineinragen; derselbe ist allerdings in mässigem Grade gequollen und hie und da auch nicht ganz regelmässig verbreitert, beides in der Regel über eine weite Strecke des Nerven hinaus.

In diesem Verhalten zeigt sich ein beträchtlicher Gegensatz gegen die von mir geschilderten Vorgänge bei der doppelten Durchschneidung des Nerven, die *Ranvier* für identisch mit derjenigen bei der Degeneration hält.

Ranvier schildert in seinen „Leçons“ einige Versuche, wie ich sie ohne Kenntniss des *Ranvier*'schen Werkes und von andern Gesichtspunkten ausgehend ebenfalls gemacht habe.

Er schneidet einmal ein Stück aus dem Nervus ischiadicus

Digitized by Google

einer Ratte heraus und führt es in die Peritonealhöhle desselben Thieres ein und dann lässt er ein ausgeschnittenes, also von seinem centralen und peripheren Endorgan getrenntes Stück des N. ischiadicus der Ratte, des Meerschweinchens, des Kaninchens an seiner normalen Stelle. Die Untersuchung nach drei, vier, fünf und sechs Tagen führte ihn zu dem Resultate, dass die nach der doppelten Durchschneidung auftretenden Erscheinungen und der sogenannte Degenerationsprocess in dem peripheren Stücke eines durchschnittenen Nerven vollständig identisch sind.

Ich habe schon in meiner früheren Arbeit, auf Versuche am Frosch gestützt darauf hingewiesen, dass diese Ansicht *Ranvier*'s auf einem Irrthum beruht, und dass eine wesentliche Differenz zwischen beiden Vorgängen in dem Verhalten des Axencylinders vorhanden ist. Da ich aber den eigentlichen Degenerationserscheinungen in der Darstellung meiner früheren Arbeit nur eine sehr oberflächliche Beachtung schenken konnte, so ist hier auf diesen Punkt weiter einzugehen.

Wenn man einen doppelt durchschnittenen und 3—4 Tage an seinem Platz verbliebenen Nerven mit Osmiumsäure untersucht, so machen allerdings die beiden Schnittflächen vollständig den Eindruck, als handle es sich um eine von beiden Seiten ausgehende Degeneration. Man sieht, wie in gleicher Weise ein Theil des Markes nach dem Schnittende geströmt ist, wo es theilweise noch an dem Ende der Fasern anklebt und ferner, wie an ähnlich scharfer Grenze, meist an dem Schnürringe wieder, das anscheinend normale Mark beginnt.

Soweit gleicht also der Process dem der einfachen Degeneration vollständig. Anders aber gestaltet sich das Bild nach der Entmarkung und Färbung. Hier fehlt in dem doppelt durchschnittenen Stücke des Nerven der Axencylinder vollständig. Die Erklärung für diese Erscheinung habe ich schon früher gegeben und brauche hier nur kurz darauf einzugehen.

Digitized by Google

Unter der Einwirkung der Lymphe ist der Axencylinder zunächst jene Aenderung eingegangen, die ihn nach der Entmarkung mit Alkohol und Aether gegenüber dem sonst sichtbar werdenden schmalen centralen Faden als eine beträchtlich gequollene Masse erscheinen liess und diese Masse ist im Lauf weniger Tage der vollständigen Resorption anheimgefallen.

Gegenüber diesem Bilde bei der doppelten Durchschneidung zeigt das periphere Stück eines nur vom Centrum getrennten Nerven eine wesentliche Differenz. Hier tritt direct an dem Schnittende zwar gleichfalls eine Quellung des Axencylinders auf, der eine stückweise Resorption folgt; aber nach drei, vier und mehr Tagen ist sogar in dem zwischen Schnittfläche und nächstem Schnürringe gelegenen Schaltstücke des Nerven der Axencylinder noch theilweise erhalten, und fehlt vollends nicht im weiteren Verlaufe. Die Schlussfolgerungen, die sich aus diesem Verhalten ergeben, habe ich schon früher gezogen. Es resultirt daraus mit Bestimmtheit, dass die Ernährung des Axencylinders wesentlich von den centralen sowohl als von peripheren Endorganen erfolgt, und dass die Annahme einer Selbständigkeit des Axencylinders in Beziehung auf seine Ernährung, wie sie von *Ranvier* und nach ihm von *Engelmann* aufgestellt ist, in keiner Weise möglich ist.

Da aber in dem peripheren Stücke eines durchschnittenen Nerven ausser den ersten der Lymphe anheimgefallenen Strecken des Axencylinders bald noch weitere folgen, so genügt das periphere Endorgan zur Erhaltung des Axencylinders nicht vollständig. Doch erfolgt die Veränderung desselben bald weniger von der Schnittfläche, als von der Flanke aus, und dehnt sich über weitere Strecken aus.

Dabei muss vor allem der Umstand auffallen, dass die Quellung ausserordentlich langsam erfolgt. Wenn der Axencylinder schon 4—5 Tage nach der Durchschneidung über ein grosses mehrere Millimeter umfassendes Stück geringgradige Aufquellung zeigt und

Digitized by Google

dieses Bild sich mehrere Tage lang trotz der weitern Lymph-einwirkung ziemlich unverändert erhält, so dass wir am siebenten, achten, neunten Tage dieselben Stellen vielleicht in geringem Grade mehr gequollen treffen, so beweist dieses, dass die der Zerstörung durch die Lymphe entgegenwirkenden Factoren, nämlich die Ernährungsströmungen von den Endorganen, sich zu einer Zeit noch geltend machen, in welcher der Axencylinder schon eine ziemlich bedeutende, höchstwahrscheinlich chemische Veränderung erlitten hat. Damit tritt aber zugleich die Frage auf, ob diese jedenfalls veränderten Partien des Axencylinders, die also für Ernährungsströmungen von Seiten der Endorgane noch durchgängig sind, in ihren sonstigen Eigenschaften noch mit dem Axencylinder gleichgestellt werden können, das heisst, ob sie erregungsfähig resp. leistungsfähig sind.

Was die Erregungsfähigkeit betrifft, so wissen wir, dass degenerirende Nerven langsam schwerer erregbar und dann vollständig unerregbar werden. Ob aber die Erregbarkeit schon zu einer Zeit verschwunden ist, in der der Axencylinder zwar schon verändert, jedoch in seiner Continuität noch erhalten ist, wissen wir nicht.

Ranvier glaubt die bei der Degeneration auftretende Discontinuität für die Unerregbarkeit verantwortlich machen zu müssen und schiebt den ersteren Vorgang dem Protoplasma der Kerne zu, das wuchernd den vollständig passiven Axencylinder durchschneide. Er hat dabei entschieden Bilder vor Augen gehabt, an welchen der Axencylinder stellenweise fehlte. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass hier einzelne Strecken resorbirt waren, während andere vielleicht durch die schwierigere Zugänglichkeit der Lymphe der Resorption noch entgangen waren, Bilder, wie ich sie schon in meiner früheren Arbeit bei der Wirkung der Kochsalzlösungen geschildert habe.

Digitized by Google

Die Ursache für diese Continuitätsunterbrechung des Axencylinders müssen wir demnach in einem andern Processe, als *Ranvier* suchen; aber die Ursache für die Unerregbarkeit könnte entschieden in einer Discontinuität des Axencylinders gelegen sein, wenn nicht die Unerregbarkeit schon vorhanden ist, bevor die eigentliche Resorption des Axencylinders beginnt. Und das Letztere scheint allerdings der Fall zu sein.

An peripheren Stücken des N. ischiadicus liess sich 14 Tage nach der Durchschneidung die vollständige Unerregbarkeit des Nerven nachweisen, während der Axencylinder noch vollständig vorhanden, allerdings beträchtlich verbreitert war. Die Muskeln selbst waren faradisch gut erregbar. Eine Discontinuität des Axencylinders liess sich dabei in keiner Weise constatiren.

Dieselben Resultate ergab die Untersuchung 16 Tage nach der Durchschneidung, so dass wir es zuvor durchaus mit keiner schon nicht mehr ernährten, oder Ernährungsströme nicht mehr leitenden Masse zu thun hatten.

Die Schlussfolgerungen, die wir aus diesem Verhalten ziehen können, dürften für die Pathologie nicht ohne Bedeutung sein. Gibt es Zustände des Axencylinders, in denen er zwar ernährende Strömungen passiren lässt, aber andere Eigenschaften, die Erregbarkeit, vielleicht auch Leitungsfähigkeit eingebüsst hat, so haben wir hier ein Analogon mit einzelnen Erscheinungen in der Neuropathologie. Es gibt eine ganze Reihe von Lähmungen, bei welchen in den Nerven eine Unfähigkeit für die motorische Leitung vorhanden ist, ohne dass eine Spur von trophischen Störungen daraus resultirt. Man hat sich seither damit geholfen, besondere trophische Nerven mit stärkerer Resistenzfähigkeit gegen schädliche Einflüsse anzunehmen. Das Vorkommen solcher Veränderungen des Axencylinders dürfte derartige Zustände vielleicht einfacher erklären.

Untersuchen wir nun, wie der Process der Degeneration in der nächsten Zeit weiter verläuft. Wie schon erwähnt, zeigt sich

Digitized by Google

an einzelnen Stellen eine Discontinuität des Axencylinders. Dieselbe beginnt in der Regel am Ende der dritten oder im Anfange der vierten Woche. Aber auch die einzelnen Reste fallen nach kurzer Zeit der Resorption anheim und der Axencylinder schwindet in den mehr und mehr degenerirenden Partien vollständig. Mit dem Verschwinden des Axencylinders geht auch das noch vorhandene Mark jene degenerativen Veränderungen ein, die schon zur Genüge beschrieben sind.

Bestätigen möchte ich nur die Angaben von *Ranvier*, dass ausser der Vermehrung des Bindegewebes und der Kerne sich in den degenerirten Partien eine grosse Anzahl zelliger Elemente einfindet, die das ausgetretene Mark gleichsam aufzehren und an Osmiumpräparaten einen Inhalt von leichtbraun gefärbten Marktröpfchen aufweisen.

Ausser diesen Gebilden tritt aber bei der Degeneration noch ein anderer Bestandtheil der Nervenfaser hervor und zwar sind dies die eigentlichen noch innerhalb der *Schwann*'schen Scheide gelegenen Umhüllungen des Markes. Schon oben habe ich erwähnt, dass *Ewald* und *Kühne* bei der Degeneration einzelne Partien dieser von ihnen entdeckten Umhüllungen des Markes, der Hornscheiden, nachweisen konnten. Und allerdings bleiben dieselben in der ersten Zeit der Degeneration während des Schwundes des Axencylinders und des Zerfalls des Markes vollständig intact. Durch Entmarken mit siedendem Alkohol und Aether lassen sich beim Frosche die hornführenden Scheiden noch in ihrem ganzen Zusammenhange und anscheinend unverändert nachweisen, wenn der Axencylinder schon geschwunden ist und von dem Marke nur noch körnige Reste den Inhalt der Faser ausmachen.

Später zerfallen auch diese Scheiden; zunächst scheinen sie sich zu trüben und dann in schollige oder körnige Gebilde zu zerfallen. Dieser Process scheint in den peripheren Nerven vom Frosch noch rascher zu verlaufen, als im Rückenmarke des Menschen,

Digitized by Google

wo *Schultze* und *ich*[1]) 8 Wochen nach den Erscheinungen der Degeneration in den erkrankten Partien noch das wenig veränderte, höchstens etwas zerklüftete Horngerüst nachweisen konnten.

Die degenerativen Veränderungen nach Nervendurchschneidungen verlaufen beim Säugethiere ausserordentlich viel rascher, als beim Frosch. Auch bei ihnen treten, wie *Colasanti* wenigstens am N. ischiadicus des Meerschweinchens beobachtete, zunächst jene sogenannten traumatischen Veränderungen an der Schnittfläche ein, die wir wohl auch hier einer raschen Einwirkung der leicht eindringenden Lymphe zuschreiben müssen. Diese Veränderungen zeigen sich hier schon nach 24 Stunden in voller Ausbildung und etwa nach 72 Stunden folgen nach *Colasanti* die eigentlichen degenerativen Vorgänge.

Beim Kaninchen bieten sich im Allgemeinen die gleichen Bilder. Auch hier zeigt der durchschnittene Nerv nach 24 Stunden jene vielfach bis zum nächsten Schnürringe gehende Veränderung.

Derselbe Process wie beim Frosch hat ohne Zweifel das Austreten eines Theiles des Nervenmarkes aus dem Schnittende hervorgerufen, das man auch hier in grossen Ballen an den Fasern ankleben sieht. Doch zeigt sich insofern eine Differenz gegen den Frosch, als das Mark bis zu einer bestimmten Grenze nicht vollständig ausgetreten ist, sondern die dem Schnittende zunächst liegenden Partien sich wesentlich durch einen geringeren Gehalt an Mark auszeichnen. Vielfach folgt dann auch eine markleere Strecke, die durch eine ziemlich scharfe Grenze gegen das normale Bild contrastirt. Doch ist diese Grenze beim Kaninchen oft nicht so scharf, wie beim Frosche und ferner liegt sie vielleicht noch häufiger an einer Einkerbung als an dem Schnürringe. Es kommen hier indess entschieden Differenzen vor, die wohl hauptsäch-

[1]) Centralbl. f. d. med. Wiss. 1878. No. 37.

Digitized by Google

lich auf dem verschiedenen Reichthume der Thiere an Lymphe beruhen.

Dasselbe Bild wie das periphere Stück bietet im Allgemeinen das centrale. In beiden zeigt sich ausserdem nach der Entmarkung dieselbe Quellung des Axencylinders in der Nähe der Schnittstelle wie beim Frosch. Die Resorption dieser gequollenen Partien verläuft in den ersten Tagen beim Kaninchen fast ebenso langsam wie beim Frosch. In dem peripheren Stücke ist nach 2 Tagen nur ein minimales Stück zwischen Schnittfläche und nächstem Schnürringe verschwunden.

Auch in dem centralen Stücke erfolgt die Auflösung eines Theiles des gequollenen Axencylinders. Es handelt sich auch hier jedenfalls um einen Process des Absterbens und nicht um eine Hypertrophie, die gleichsam der Regeneration vorausgeht, wie dieses *Ranvier*[1]) glaubt und wie es auch einige andere Forscher[2]) nach ihren Ausdrücken bei ähnlichen Befunden anzunehmen scheinen.

Jedenfalls geht aber dieser Process der Quellung und Resorption in den ersten zwei Tagen nach der Durchschneidung im centralen sowohl als im peripheren Stücke ausserordentlich langsam vor sich. Dem gegenüber bietet ein doppelt durchschnittenes Stück des N. ischiadicus nach zwei Tagen ein ganz anderes Bild. Hier fehlt in einer grossen Anzahl der Fasern der Axencylinder vollständig; in andern zeigt sich durchgehends jene bekannte beträchtliche Verbreiterung des centralen Gebildes und in den dritten sieht man die Uebergangsformen von den

---

1) *Ranvier* „Leçons sur etc." Tome II. pag. 41.

2) Der Ausdruck: Hypertrophie des Axencylinders ist keineswegs selten: meist sind es Schilderungen acut entzündlicher Processe, bei welchen er sich findet. Von den seitherigen Forschern ist vielleicht *Friedr. Schultze* (*Virchow*'s Archiv Bd. 73) der einzige, der diese in ihrem Volumen vergrösserten Axencylinder als Uebergangsstufen zum Zerfall auffasst.

Digitized by Google

zweiten zu den ersten; in diesen ist jene Discontinuität des Axencylinders vorhanden, die sich auch hier nur dadurch erklären lässt, dass einzelne der Lymphe leicht zugängliche Theile schon resorbirt sind, während andere Reste derselben noch widerstanden haben.

Sonach dürfte die Gültigkeit unserer schon aus den Ergebnissen am Froschnerven gezogenen Schlussfolgerungen auch für die Säugethiere erwiesen sein.

Was das weitere Fortschreiten der Degeneration am durchschnittenen Nerven betrifft, so liegt die wesentlichste Differenz zwischen Frosch und Kaninchen in der zum Ablauf der Erscheinungen nöthigen Zeit. Beim Kaninchen ist durchschnittlich schon am vierten Tage der Nerv unerregbar und erfolgt auch die Resorption des Axencylinders um diese Zeit.

Einen Unterschied zwischen einzelnen Fasern, der auf eine differirende Degeneration der motorischen und sensiblen Fasern bezogen werden könnte, habe ich weder beim Kaninchen noch beim Frosch constatiren können. Doch möchte ich noch darauf aufmerksam machen, dass man sich bei allen Untersuchungen vor jenen keineswegs zu selten vorkommenden Fasern zu hüten hat, die den Eindruck von degenerirten machen, ohne dass ihre Degeneration irgend etwas mit der Durchschneidung zu thun hat. *Kuhnt*[1]) hat schon auf das Vorkommen dieser Fasern in ganz normalen Nerven aufmerksam gemacht und *Sigmund Mayer*[2]) hat neuerdings in einer ausführlichen Arbeit das Auftreten derselben verfolgt. Ausser diesen degenerirenden Fasern finden sich auch Bilder, die, wie ich im Anschlusse an *Kuhnt* und *Mayer* glaube, keine andere Deutung als die beginnender Regenerationsprocesse zulassen, worüber weitere sorgfältige Untersuchungen gewiss bald entscheiden würden.

---

[1]) Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. XIII.

[2]) Sitz.-Ber. d. Kais. Acad. d. Wiss. III. Abth. Jahrg. 1878.

Digitized by Google

Mich halten jetzt leider äussere Verhältnisse von der Fortsetzung dieser Arbeiten ab. Wenn ich aber trotz vieler Lücken die seitherigen Ergebnisse veröffentliche, so mag die Wichtigkeit des Gegenstandes mich entschuldigen.

Heidelberg, den 2. October 1878.

Digitized by Google

Ueber das braune Pigment des Auges.

Von

Dr. **Karl Mays.**

Im Anschlusse an die von *Kühne*[1]) gemachte Beobachtung, dass das braune Pigment des Auges, welches bekanntermassen sich gegen chemische Reagentien so dauerhaft zeigt, durch das Licht in verhältnissmässig kurzer Zeit gebleicht werde, unter der Voraussetzung, dass eine weitere Bedingung erfüllt ist, nämlich die Anwesenheit von Sauerstoff, habe ich eine Reihe von Versuchen angestellt, welche diese Angabe unter verschiedenen Bedingungen zu bestätigen im Stande sind. Da aber der Einfluss des Lichtes sich nicht nur auf die Bleichung des Pigmentes erstreckt, sondern durch dasselbe auch andere chemische Vorgänge, nämlich die Lösung des Pigmentes in gewissen Flüssigkeiten, beeinflusst werden, so mussten die Untersuchungen auch auf diesen Punkt ausgedehnt werden.

Zur Reindarstellung des Pigmentes bediente ich mich eines Materiales, welches im hiesigen physiologischen Institute gelegentlich anderer Untersuchungen gesammelt war. Es bestand in den Augen von einigen hundert Hühnern, die durch einen Aequatorialschnitt gespalten, mit Alkohol und Aether vollständig erschöpft und unter Aether aufbewahrt waren. Wenn es sich darum handelt, einen schwer angreifbaren Körper aus einem thierischen

[1]) Untersuchungen des physiol. Instituts der Universität Heidelberg. Bd. II, Heft I, p. 112 ff.

Digitized by Google

Gewebe zu trennen, so gibt es wohl kein einfacheres und sichereres Mittel als die Ueberführung der Gewebebestandtheile in lösliche Substanzen mittels der Verdauung. Diese wurde auch zu der Darstellung des Pigmentes angewandt und zwar die rascher und energischer wirkende Pankreasverdauung; es war dabei nur in Betracht zu ziehen, dass derselben auch die collagenen Bestandtheile zugänglich gemacht wurden, und dies wurde durch Kochen der Augen mit Wasser erreicht; zugleich wurde hierdurch der noch in den Augen zurückgebliebene Aether entfernt. Das Verdauungsgemisch wurde mit 0,2 pCt. Salicylsäure bereitet, um die Fäulniss zu verhindern. Nach 24 Stunden war fast alles gelöst, nur einige in der Sclera vorgekommene Verknöcherungen hatten in dieser Zeit der Verdauung soweit widerstanden, dass sie wenigstens noch als zusammenhängende Gebilde sich vorfanden. Dieser Umstand machte es jedoch leicht, sie vom Pigmente zu trennen, welches durch Gaze abfiltrirt wurde. Um möglichst den Verlust an Pigment und jede Verunreinigung zu verhüten, wurde dasselbe von nun an nie auf ein Filter gebracht, sondern immer in einer Reihe von Tellern absitzen gelassen, was gewöhnlich in einigen Tagen vollständig erzielt wurde. Auf diese Weise wurden zunächst die gelösten Verdauungsproducte abgegossen und das Pigment einige Male mit Wasser gewaschen. Die einzigen Substanzen, mit denen es nun noch verunreinigt sein konnte, waren Nukleïne und Neurokeratin; das letztere musste jedoch schon entfernt sein und zwar auf mechanischem Wege, einmal durch das Filtriren durch Gaze, sodann bei dem Waschen mit Wasser. Dass bei diesen Proceduren das haftende Flocken bildende Neurokeratin zurückbleibt, steht mit den sonstigen Erfahrungen über seine Beschaffenheit, die im hiesigen Laboratorium gemacht sind, im Einklange und wurde ausserdem durch die mikroscopische Untersuchung bestätigt, indem in dem gereinigten Pigmente keinerlei Beimischungen zu erkennen waren, die von dieser Substanz hätten

Digitized by Google

herrühren können. Zur Entfernung der Nukleïne wurde verdünnte Natronlösung angewandt. Dieselbe blieb einige Tage auf dem Pigmente stehen und wurde dann mit ihm aufgekocht. Beim Stehen sowohl als beim Kochen färbte sich die Natronlösung braun. Diese wurde nun abgegossen, das Pigment in grosse Cylinder gebracht und diese mit Wasser aufgefüllt. Da es sich ziemlich rasch zu Boden setzte, konnte auf diese Weise eine sehr ausgiebige Auswaschung vorgenommen werden. Dieselbe wurde so lange fortgesetzt, bis die Flüssigkeit nicht mehr alkalisch reagirte. Nachdem als letztes Waschwasser noch einige Male destillirtes angewandt war, und endlich nacheinander Alkohol und Aether, wurde das Pigment getrocknet.

Mit so gereinigtem Pigmente wurden die meisten der nachfolgenden Versuche angestellt; wo dies nicht der Fall war, wird es ausdrücklich bemerkt werden. Ich werde zunächst die Löslichkeitsverhältnisse des Pigmentes besprechen: Kein chemisches Reagens ist bis jetzt bekannt, welches das Pigment sofort zersetzte oder auflöste. Concentrirte Säuren und Alkalien bedürfen längerer Zeit oder des Erhitzens, um dies zu bewerkstelligen. Bei längerem Kochen färbt das Pigment concentrirte Schwefelsäure schwarzbraun, concentrirte Natronlauge und Salpetersäure mehr gelbbraun. In beiden Fällen gelingt es jedoch auch nach längerem Kochen nicht, einigermassen grössere Mengen des Pigmentes zu lösen, sondern es bleibt immer viel davon ungelöst und scheinbar unverändert. Hinsichtlich der Farbe dieser Lösungen kann ich *Rosow*[1]) nicht beipflichten, der dieselbe als „dunkelkirschroth" bezeichnet, ich habe sie immer braun gefunden, eine andere Angabe *Rosow*'s dagegen kann ich bestätigen, nämlich die, dass das Pigment sehr leicht in verdünnten Alkalien löslich wird, nachdem es längere Zeit der Einwirkung verdünnter

[1]) *Græfe*'s Archiv Bd. IX. Abth. III.

Digitized by Google

Salpetersäure ausgesetzt worden; es wird dabei heller, mehr in's Gelbe gehend und die Säure nimmt eine ganz leicht gelbe Farbe an, nur kann ich auch hier die von *Rosow* angegebene Farbe nicht bestätigen; denn auch diese Lösungen fand ich braun und nicht „schön violet-roth", wie *Rosow* sie findet. Nachdem eine Einwirkung des Lichtes auf das braune Pigment bekannt war, musste man auch bei dieser Veränderung desselben an eine solche denken, da *Rosow* natürlicherweise nicht angab, ob er die Einwirkung im Lichte oder im Dunkeln von Statten gehen liess. Ich hielt desshalb einen Theil des mit Salpetersäure übergossenen Pigmentes im Dunkeln, während ich einen andern der Sonne exponirte, aber die Veränderungen des Pigmentes sowie die seiner Löslichkeit in Alkalien waren in beiden Fällen ganz die gleichen. Zur Lösung des so behandelten Pigmentes eignen sich verdünnte Lösungen der Aetzalkalien, der kohlensauern Alkalien und des Ammoniaks und zwar geht sie so leicht von Statten, dass es genügt, neben einen Tropfen Wassers, in welchem solches Pigment suspendirt ist, einen Tropfen Ammoniak zu bringen, ohne dass er mit dem ersteren zusammenfliesst, um schon durch die von dem Wassertropfen absorbirten Ammoniakdämpfe das Pigment vollständig in Lösung zu bringen. Einen rothbraunen Niederschlag konnte ich aus diesen Lösungen nicht erhalten, wie ihn *Rosow* mit Säuren bekommen hat, wohl aber aus alkalischen Lösungen, die auf anderem Wege gewonnen waren und auf die ich später zu sprechen kommen werde.

Wenn in den eben geschilderten Versuchen die Wirkung der verdünnten Salpetersäure allein zugeschrieben werden muss, so gibt es doch auch Fälle, in welchen die Löslichkeit des Pigmentes vom Lichte beeinflusst wird. Am deutlichsten ist dies, wenn es von vorn herein in alkalischen Flüssigkeiten sich befindet; dass dem so ist, geht aus dem folgenden Parallelversuche hervor: von dem isolirt dargestellten Pigmente wurden kleine Mengen auf zwei

Digitized by Google

Teller gebracht und mit einer 1procentigen Pottaschelösung übergossen. Der eine Teller wurde im Dunkeln gehalten, der andere der Sonne exponirt. Nach wenigen Tagen hatte sich die Flüssigkeit in dem letzteren braun gefärbt, während in dem ersteren auch nach monatelangem Stehen nicht die geringste Färbung der Flüssigkeit zu bemerken war. Ich muss hier zurückkehren zu einer Angabe, die ich bei der Darstellung des Pigmentes gemacht habe: die verdünnte Natronlösung hatte dort etwas von dem Pigmente in Lösung gebracht; es wäre nun möglich, dass auch hier eine Einwirkung des Lichtes vorgelegen hätte, vor dessen Zugang ich, ehe ich seine Wirkung kannte, das Pigment nicht absichtlich schützte; freilich muss ich hinzufügen, dass es sicher nur in beschränktem Maasse Zutritt hatte, da ich die Teller, in denen es sich absetzte, bedeckt zu halten pflegte. Vielleicht wirkten hier noch andere, mir bis jetzt unbekannt gebliebene Einflüsse auf die Löslichkeit des Pigmentes, über die ich noch bemüht sein werde, mir Rechenschaft zu geben. Jedenfalls ist ausser dem Lichte noch ein anderer Factor von Einfluss auf die Löslichkeit des Pigmentes, nämlich die Wärme; denn es konnte gezeigt werden, dass diese auch bei Abschluss des Lichtes bei längerer Einwirkung das Pigment in schwachen Alkalien etwas löslich macht. Eine Probe wurde nämlich mit einer 1 procentigen Sodalösung in ein Glasröhrchen eingeschmolzen und 6 Stunden lang im Dunkeln im Wasserbade erhitzt; die Flüssigkeit zeigte sich schliesslich braun gefärbt, obwohl auch hier der grössere Theil des Pigmentes ungelöst blieb. Da sich also gezeigt hatte, dass die Wärme einen solchen Einfluss hat, so musste auch untersucht werden, ob nicht auch bei dem dem Lichte exponirten Pigmente die Erwärmung die Lösung zu Stande gebracht habe. Zu dem Ende wurde ein anderer in der gleichen Weise wie oben hergerichteter Teller in die Sonne gestellt, jedoch ihre Wärmewirkung durch fortwährende Berieselung mit kaltem Wasser möglichst

Digitized by Google

abzuhalten gesucht; da jedoch die Flüssigkeit in derselben Zeit sich braun färbte, so durfte auch dem Lichte allein eine Einwirkung auf die Löslichkeit des Pigmentes zugeschrieben werden.

Aus solchen Lösungen in schwachen Alkalien, die sich nicht unter dem Einflusse der Salpetersäure gebildet hatten, gelang es mir, das Pigment durch Neutralisation mit Schwefelsäure als einen braunen, sehr zarten, flockigen Niederschlag auszufällen. Mikroskopisch bestand derselbe aus hellbraunen amorphen Flocken, in denen einzelne, sehr scharf contourirte dunkelbraune Körnchen eingebettet waren, die vollkommen den amorphen Körnchen des natürlichen Pigmentes glichen. Dieser Niederschlag trat jedoch nicht immer gleich, sondern manchmal erst nach längerer Zeit, ja erst nach Tagen ein. Ich habe für diese Inconstanzen bis jetzt noch keine Erklärung gefunden, muss aber erwähnen, dass vielleicht auf ähnlichen die oben genannte Differenz zwischen *Rosow* und mir hinsichtlich des mit Hülfe der Salpetersäure in Alkalien gelösten Pigmentes beruht.

Da die Wirkung der letzteren wohl in ihren oxydirenden Eigenschaften zu suchen war und da ferner schon von *Kühne* gezeigt worden, dass der Sauerstoff einen wesentlichen Antheil hatte bei einer anderen Veränderung des Pigmentes, der Bleichung, so war zu fragen, ob nicht ähnliche Vorgänge bei seiner Löslichkeit in Betracht kämen. Um hierüber Aufschluss zu erhalten, wurde einmal noch ein anderes Oxydationsmittel angewandt, nämlich der active Sauerstoff und sodann wurde auf der andern Seite geprüft, wie sich die Löslichkeitsverhältnisse gestalteten bei Abhaltung des atmosphärischen Sauerstoffs.

Was die Wirkung des Ozons betrifft, so habe ich hinsichtlich der Löslichkeit bis jetzt nur negative Resultate erhalten. Die Versuche wurden in der Weise angestellt, dass etwas Pigment in wenig Wasser suspendirt und in zwei kleine Probirröhrchen vertheilt wurde; beide wurden im Dunkeln gehalten und auf den

Digitized by Google

Boden des einen ein continuirlicher Ozonstrom geleitet, der die geringe Menge Flüssigkeit in Blasen aufpeitschte, so dass eine möglichst energische Wirkung zu erwarten war. Nach halbstündigem Durchleiten jedoch war in beiden Röhrchen nicht der geringste Unterschied wahrzunehmen. Aber auch im grellen Sonnenlichte blieb der Versuch, in ganz derselben Weise und die gleiche Zeit hindurch angestellt, erfolglos. Das Wasser war nun wohl nicht die geeignetste Flüssigkeit und es wurde desshalb eine andere gewählt, von der bekannt geworden war, dass sie unter Umständen Pigment zur Lösung bringt, nämlich eine alkalische. Auch dieser Versuch wurde wieder im grellen Sonnenscheine mit zwei Röhrchen ausgeführt, in welchen das Pigment in $^1/_2$ pCt. Pottaschelösung suspendirt war. Nach Ablauf einer halben Stunde hatte das Licht allein noch nicht ausgereicht, um die Flüssigkeit zu färben, aber auch mit Hülfe des Ozonstromes war nicht die geringste Lösung zu erzielen.

Bessere Resultate gab die andere Hälfte dieser Versuchsreihe, die mit Ausschluss des Sauerstoffs angestellt wurde. Zunächst wurde hier der Einfluss der Wärme geprüft. Die Flüssigkeiten wurden mit dem suspendirten Pigmente zum Vergleiche einmal mit und einmal ohne Luft eingeschlossen; für das letztere eignete sich folgendes einfaches Verfahren: ich brachte die Proben in unten zugeschmolzene Glasröhrchen, diese wurden dann am andern Ende in ein nahezu capillares Rohr ausgezogen und die Flüssigkeiten hierauf zum Kochen erhitzt. Wenn so lange gekocht worden war, dass man annehmen konnte, dass alle Luft verdrängt war, so wurde das capillare Rohr, während ihm der Dampf entströmte, rasch zugeschmolzen, was in den meisten Fällen sehr leicht gelang. Die Flüssigkeiten, die gewählt wurden, waren Wasser und 1procnt. Sodalösung. Dass in letzterer bei dieser Procedur nichts in Lösung ging, scheint daran zu liegen, dass hierfür doch immer längeres Kochen erforderlich ist. Die Erhitzung im Wasserbade geschah

Digitized by Google

im Dunkeln von Morgens 10 Uhr bis Abends 5 Uhr. Bei der Herausnahme war in sämmtlichen Röhrchen noch ziemlich viel Pigment suspendirt und kein grosser Unterschied zu bemerken; nach dem Absitzen jedoch stellte sich ein sehr bedeutender heraus. Das Wasser, das mit Luft eingeschlossen war, war leicht gelbbraun geworden, die Sodalösung hatte sich intensiv braun gefärbt; in den Röhrchen jedoch, in denen sich keine Luft befand, waren die Flüssigkeiten vollständig farblos geblieben. Auch für den Einfluss des Lichtes konnte bezüglich der Löslichkeit ein Unterschied constatirt werden, je nachdem Sauerstoff zugegen war oder nicht, indem Wasser, welches mit Luft in einem Glasröhrchen eingeschmolzen war, nach mehrtägiger Exposition eine leichtgelbe Farbe angenommen hatte, die in einem andern Röhrchen, welches luftleer gemacht war, ausblieb. Nur bei einer $^1/_2$proc. Sodalösung fiel die Sache etwas anders aus. Ich habe diesen Versuch später noch einmal zu erwähnen, da er eigentlich in einer andern Absicht angestellt war; die Luft war hier nicht durch Auskochen, sondern durch Einleiten von Kohlensäure vertrieben, und hier hatte sich die Lösung am Lichte auch schwach bernsteingelb gefärbt. Leider konnte ich den Versuch wegen eingetretener schlechter Witterung nicht noch einmal wiederholen, was nöthig gewesen wäre, da man hier Bedenken tragen muss, ob der Sauerstoff vollständig entfernt war; ein kleiner Rest könnte die allerdings geringe Färbung der Flüssigkeit erklären. Soweit reichen meine bisherigen Beobachtungen über die Löslichkeit des Pigmentes und ich gehe nun über zu der näheren Ausführung der schon von *Kühne* gemachten Angaben über dessen Bleichung.

Zunächst habe ich noch einiges über die Bleichung des trockenen braunen Pigmentes beizufügen. Es war von Interesse zu wissen, ob die Wirkung des Lichtes auf das Pigment verschiedener Thiere eine verschiedene sei, namentlich, ob nicht das Pigment derjenigen Thiere, die auf schwächere Lichtreize angewiesen sind, also der

Nachtthiere, einen höheren Grad von Lichtempfindlichkeit besitzt. Am 29. August hatte ich zur Vergleichung Pigment vom Huhn und vom Frosch in verschiedenen Dicken auf Milchglasplatten aufgetragen und zum Theil durch Streifen schwarzen Papiers gegen die Einwirkung des Lichtes geschützt. Das Pigment des Huhns war das gleiche, welches für die bisherigen Versuche angewandt wurde, vom Frosche gab mir Herr Geh. Rath *Kühne* etwas reines Retinalpigment, welches er in der von ihm geschilderten Weise mit Gallelösung erhalten hatte. Das Auftragen auf die Glasplatte geschah mit etwas verdünnter Gummilösung. Die Exposition fand unter einem nach Süden gelegenen Oberlichte statt. Als ich mir am 16. September die Präparate zum erstenmale wieder ansah, schien an den vom Papier freigelassenen Stellen noch so wenig Bleichung eingetreten zu sein, dass ich die Papierstreifen noch nicht abnahm. An diesem Tage stand mir ein Eulenauge zu Gebote, von dem ich etwas Pigment an demselben Orte dem Lichte exponirte. Dasselbe wurde mit einem weichen Pinsel aus dem frischen Auge aufgenommen, mit verdünnter Gummilösung auf eine Milchglasplatte aufgetragen und ebenfalls zum Theil mit schwarzem Papier verdeckt. Am 22. October wurden alle drei Präparate geöffnet und ergaben folgenden Befund: Bei dem Pigment vom Frosch und vom Huhn zeigte sich kein erkennbarer Unterschied. Bei beiden war überhaupt die Differenz zwischen den belichteten und nicht belichteten Stellen eine sehr geringe. Man konnte nicht einmal mit Bestimmtheit eine scharfe Grenze angeben, welche den Rändern des Papierstreifens hätte entsprechen müssen, nur die nicht belichteten Theile der mittelstark aufgetragenen Streifen waren etwas heller. Dies Resultat erklärt sich aus dem meist trüben Wetter während der Expositionszeit. Trotz dessen war das Resultat an dem Pigmente des Eulenauges ein viel besseres. Einmal stellte sich die vom Papiere bedeckte Stelle als ein scharfes dunkles Band dar, welches auch

Digitized by Google

bis in die am dicksten aufgetragenen Lagen zu verfolgen war, sodann hatte das belichtete Pigment im Gegensatz zu dem violettbraunen Aussehen des nichtbelichteten eine mehr braungelbe Nuance. Wenn man bedenkt, dass das Eulenaugenpigment an demselben Orte wie das der andern Thiere nur kürzere Zeit dem Lichte exponirt war, so wird man nach diesem Befunde berechtigt sein, demselben eine grössere Lichtempfindlichkeit zuzuschreiben.

Eine weitere Versuchsreihe schloss sich an die von *Kühne* gemachte Beobachtung an, dass bei dem Pigment in den feuchten Präparaten, zu denen der atmosphärische Sauerstoff keinen oder wenigstens sehr beschränkten Zugang hatte, die Bleichung sehr unbedeutend ausfiel; es musste also zunächst untersucht werden, wie sich das Pigment in verschiedenen Flüssigkeiten bei Anwesenheit von Luft gegen die Sonne verhielt. Zu dem Ende wurde das Pigment mit $^1/_2$ pCt. Kochsalzlösung, 0,2 pCt. Salicylsäure, Natronlauge und 1 pCt. Sodalösung in Glasröhrchen eingeschmolzen; dabei wurde so wenig Flüssigkeit genommen, dass das meiste an der Wandung haftete und so dem Zutritte der Luft eine grosse Oberfläche geboten war. Die alkalischen Lösungen wurden ausserdem im Wasserbade solange erhitzt, bis sie eine braune Farbe angenommen hatten. Nach zweimonatlicher Exposition wurden die Röhrchen mit gleichen, im Dunkeln gehaltenen verglichen, wobei sich bedeutende Unterschiede herausstellten. Von den letzteren hatte nämlich keines die geringsten Veränderungen erlitten, während die exponirten solche, allerdings in verschiedenem Grade aufzuweisen hatten. Am wenigsten zeigte sich das Salicylsäurepräparat verändert; die Flüssigkeit war hellbraun, so dass etwas unter dem Einflusse des Lichtes in Lösung gegangen sein musste, an dem suspendirten Pigmente war keine deutliche Aenderung wahrzunehmen; in der Kochsalzlösung und in der Natronlauge dagegen war der Unterschied gegen die nicht belichteten Präparate ein sehr bedeutender, indem in beiden die suspendirten Theilchen

Digitized by Google

vollständig gebleicht waren, während die Flüssigkeiten noch eine schwach gelbe Farbe hatten. In der Sodalösung war die Veränderung nicht so auffallend; die Lösung war hellbraun geworden und die Pigmenttheilchen nicht vollständig gebleicht, wenn auch sehr deutlich abgeblasst. Ich muss dieses Resultat auf die Kleinheit des angewandten Röhrchens beziehen, in welchem offenbar nicht hinreichend Sauerstoff vorhanden war, um die völlige Bleichung zu bewerkstelligen, da eine solche erzielt wurde, als ich zu einem zweiten Versuche ein weiteres Rohr anwandte, in welchem sogar die Flüssigkeit ganz farblos wurde. Es scheint übrigens im Allgemeinen einmal gelöstes Pigment etwas schwerer zu bleichen als Pigment in Substanz. Wie in der eben mitgetheilten Versuchsreihe die Kochsalzlösung und die Natronlauge noch schwach gelb gefärbt waren, während die Pigmentkörnchen vollständig weiss geworden waren, so hatten auch in jenen Tellern, die mit $^1/_2$ pCt. Pottaschelösung der Sonne exponirt waren und in denen, wie jetzt leicht verständlich sein wird, die oben erwähnte weitere Veränderung in einem allmäligen Abblassen bestand, Wochen nicht genügt, um die Lösung vollständig zu entfärben. Da zu Anfange bei diesem Versuche zu erwarten war, dass sich immer neue Mengen von dem Pigment lösten und eine etwa eingetretene Bleichung der Lösung verdeckten, so goss ich am 4. Tage, zu welcher Zeit ungefähr dieselbe am dunkelsten war, die Lösung von einem der Teller ab, filtrirte sie und schloss einen Theil davon mit einer gehörigen Menge Luft in ein Glasrohr ein. Dem Lichte exponirt blich sie allmälig ab, behielt aber doch nach zwei Monaten noch eine hellgelbe Farbe.

Nachdem oben gezeigt worden, dass die Bleichung des Pigmentes auch im feuchten Zustande von Statten gehe, falls Luft zugegen ist, so dass auch hier oxydative Processe anzunehmen waren, war hier ebenfalls zu untersuchen, was durch kräftige Oxydationsmittel erzielt werden konnte und es wurde desshalb

Digitized by Google

wieder das Ozon gewählt. Ich habe schon oben erwähnt, dass an dem in Wasser oder $^{1}/_{2}$ pCt. Pottasche suspendirten Pigmente weder im Dunkeln noch im Hellen eine Veränderung wahrzunehmen war, und dies gilt auch hinsichtlich der Bleichung, bei alkalischer Pigmentlösung jedoch verhielt sich die Sache anders. Schon bei der Einwirkung des Ozons im Dunkeln war nach $1^{1}/_{2}$stündigem Durchleiten ein allerdings geringes, aber doch deutliches Abblassen der Farbe zu erkennen, im grellen Sonnenscheine aber war die Einwirkung des Ozonstromes in derselben Zeit eine sehr erhebliche. Ich benutzte zu dem Versuche die an der Sonne entstandene und filtrirte $^{1}/_{2}$procentige Pottaschelösung, mit der ich 3 kleine Probirröhrchen anfüllte; durch eines wurde an der Sonne ein Ozonstrom geleitet, das zweite ohne Ozon dem Lichte exponirt und das dritte im Dunkeln gehalten. Nach Beendigung des Versuchs war zwischen den beiden letzten noch kein Unterschied wahrzunehmen, in dem ersten dagegen war schon nach einer Stunde die Farbe bis auf ein ganz leichtes Gelb geschwunden, nun aber schien ein Stillstand eingetreten und die vollständige Entfärbung der Flüssigkeit konnte nicht erzielt werden.

Es blieb schliesslich noch zu untersuchen, ob beim völligen Entziehen des Sauerstoffs die Bleichung auch vollständig ausbliebe, und dies ist in der That der Fall. Ich hatte eine Serie von Glasröhrchen zwei Monate lang der Sonne exponirt, die zum Theil Luft enthielten, während diese aus andern durch Auskochen oder Durchleiten von Kohlensäure verdrängt war. Ich habe zwei dieser Präparate gelegentlich erwähnt, das eine war die mit Luft eingeschlossene Sodalösung, bei der Pigment sowohl als Lösung vollständig gebleicht waren, das andere jene Sodalösung, in welcher trotz dem Einleiten von Kohlensäure etwas von dem Pigment in Lösung gegangen war und der Flüssigkeit eine bernsteingelbe Farbe ertheilt hatte; hier muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Bernsteinfarbe der Flüssigkeit sowohl wie die Farbe

Digitized by Google

des Pigmentes nach so langer Zeit vollständig erhalten waren; ebensowenig war in dem Sodapräparate, welches luftleer eingeschlossen war, die geringste Bleichung zu bemerken. Etwas geringer fiel die Bleichung desjenigen Pigmentes aus, welches in Wasser suspendirt war. Allerdings war auch hier zwischen dem luftführenden Röhrchen einerseits und dem luftleeren oder mit Kohlensäure gefüllten andererseits ein sehr bedeutender Unterschied wahrzunehmen; die beiden letzteren sahen nach der Belichtung noch genau so aus wie vorher; die Flüssigkeit war ganz farblos und das Pigment durchaus unverändert geblieben; in dem luftführenden hatte das Wasser eine ganz leicht gelbliche Farbe angenommen, das Pigment aber war, wenn auch nicht vollständig gebleicht, so doch in den grösseren Partikelchen hellbraun, in den kleineren hellgelb geworden. Endlich wurde auch von jener Pigmentlösung, welche in $^1/_2$pCt. Pottasche an der Sonne entstanden war, in ein Röhrchen eingeschlossen, aus dem die Luft durch Kohlensäure verdrängt war und auch auf diese war der weitere Einfluss der Sonne machtlos geblieben.

Da der Einfluss des Lichtes in Gemeinschaft mit dem Sauerstoff auf das braune Pigment des Auges als ein so auffälliger erkannt war, lag es nahe, auch andere Farbstoffe, denen man einen Werth für den Sehact beizulegen berechtigt ist, in ähnlicher Weise zu untersuchen. Ich habe begonnen dies für die farbigen Kugeln der Zapfen der Vogelretina auszuführen und hatte die Freude, gleich beim ersten Versuche einen solchen Einfluss constatiren zu können. Eine Taubenretina wurde herauspräparirt und in Streifen zerschnitten, derart, dass jeder Streifen eine gelbe und eine rothe Hälfte hatte; dieselben wurden sodann auf Deckgläschen ausgebreitet und antrocknen gelassen. Diese Deckgläschen wurden nun auf einem Wattepolster in Glasröhrchen eingeschoben, von denen das eine sofort, das andere erst nach dem Durchleiten eines kräftigen Kohlensäurestromes zugeschmolzen

worden und beide hierauf dem Lichte exponirt. Schon nach zwei Tagen war die mit Luft eingeschlossene Retina in ihren gelben sowohl als ihren rothen Partien fast vollständig entfärbt, während an der in Kohlensäure befindlichen keine Spur von Bleichung wahrgenommen werden konnte. Ich hoffe in einer späteren Mittheilung noch weitere Angaben über diesen Gegenstand, sowie auch über das braune Pigment des Auges geben zu können.

Digitized by Google

Ueber die Enzymbildung in den Geweben und Gefässen der Evertebraten.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

Eine einheitliche oder diffuse Drüsenmasse besorgt bei Arthropoden, Mollusken und Würmern die Production aller erforderlichen Verdauungsenzyme und versieht ausserdem vielleicht auch eine excretorische Thätigkeit[1]). Alle Modificationen, welche die Verdauungsvorgänge in dem Thierreiche erfahren können, liessen sich voraussichtlich auf diese Functionscombination zurückführen.

Ich vermuthete, dass die Summe der Leistungen jenes enzymbildenden Organes, der sogenannten Leber, welche in einigen Klassen der Mollusken und Arthropoden am bedeutendsten zu sein schien, bei niederen Thierformen durch den Ausfall dieser oder jener Function sich vermindere, dass sie bei höhern Typen auf mehrere Organe sich vertheile. Schon verhältnissmässig hoch organisirten Formen [2]) schienen nothwendige Verdauungsenzyme vollständig zu fehlen, und die Vermuthung lag nicht fern, dass bei diesen Thieren zur Zeit unbekannte Verhältnisse chemischer oder physikalischer Art die Enzyme entbehrlich machen.

Die Ausdehnung meiner Versuche auf weitere Arten und Classen der Wirbellosen hat aber wider Erwarten zu dem Er-

[1]) Vergleichend physiologische Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg, Bd. II. S. 1—45.

[2]) Versuche zur vergleichenden Physiologie der Verdauung etc. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Band I. S. 337.

Digitized by Google

gebnisse geführt, dass die Enzyme auch sehr niedrig organisirten Lebewesen nicht nothwendig fehlen, während eine Ausscheidung enzymatischer Secrete im Dienste der Verdauung bei vielen Evertebraten allerdings nicht nachzuweisen ist.

Die fundamentale Frage, ob die enzymatischen Verdauungsvorgänge bei den höhern Thieren auf das Verdauungsrohr in ihrem Vorkommen beschränkt sind, oder ob auch in den Körpergeweben selbst die resorbirten Stoffe eine weitere Spaltung durch Enzyme erfahren, ist erst durch *Kühne*'s Untersuchungen [1]) ihrer Lösung entgegengeführt. Während schon früher *Brücke* Pepsin in Muskeln und Harn nachweisen konnte, ergaben *Kühne*'s zahlreiche Versuche, dass das Pepsin wie das diastatische Enzym sich keineswegs nur in dem Verdauungsapparate finden, dass das Trypsin aber in den Körpergeweben und Körpersäften ausserhalb des Darmes vermisst wird. Nach diesen Befunden wird die Annahme berechtigt erscheinen, dass bei den höhern Vertebratenformen, wo das Blut, die Lymphe und die Gewebssäfte eine alkalische Reaction besitzen, die enzymatischen Verdauungsvorgänge an Eiweissstoffen wenigstens unter normalen Verhältnissen auf den Darmtractus in ihrem Vorkommen beschränkt sind.

In dem Gewebe der Spongien findet sich wie bei Aethalium septicum [2]) ein peptisches Enzym, aber von wesentlich andern Eigenschaften als das der Myxomyceten. Es kamen Suberites domuncula, Chondrosia reniformis, Geodia gigas und Hircinia variabilis zur Untersuchung [3]); die Glycerinauszüge zeigten bei allen Arten in Lösungen der verschiedenen Säu-

[1]) *W. Kühne*, Ueber die Verbreitung einiger Enzyme im Thierkörper. Verhandl. d. naturh.-medic. Vereins zu Heidelberg. N. F. Band II. Heft 1.

[2]) Ueber ein peptisches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten und im Eidotter vom Huhne. Untersuchungen a. d. physiol. Institute zu Heidelberg. Band II. Heft 3. S. 273.

[3]) Ueber die Ausführung meiner Versuche sei Folgendes bemerkt: Das Untersuchungsmaterial wurde von mir selbst im März und April d. J.

Digitized by Google

ren ein gleiches Verhalten, welches aus der zugehörigen Tafel ersichtlich ist. Gekochtes Fibrin liess sich aber durch das Schwammpepsin nicht verdauen, und die Rapidität der Wirkung auf rohes macht es zweifelhaft, ob dieses negative Resultat nur auf einen geringen Enzymgehalt des Schwammgewebes zurückzuführen ist. Die Oxalsäure, in schwachen Lösungen, wie jede andre der versuchten Säuren, die verdauende Wirkung des Schwammpepsins ermöglichend, wirkt bei stärkerer Concentration (2—4 pCt.)

---

in Triest zubereitet und theils in Glycerin, theils in absolutem Alkohol, welcher anfangs mehreremale erneuert wurde, aufbewahrt. Die Versuche mit den Verdauungssäften wurden in Triest angestellt; die Versuche mit den Organauszügen und die mikroskopischen Beobachtungen, welche nur den Zweck verfolgten, die An- oder Abwesenheit von Drüsen darzuthun, an den mitgebrachten Alkoholpräparaten im physiologischen Institute zu Heidelberg.

Controlversuche, ausgeführt mit den gekochten Extracten und der nämlichen Zusatzflüssigkeit, begleiteten sowohl die fibrinverdauenden als die die Stärke saccharificirenden Versuche. Nur einige Bestimmungen, bei denen Weinsäure als Zusatz diente, konnten wegen Mangel an Material nicht in dieser Weise controlirt werden; doch dürften hierdurch die Resultate kaum beeinflusst werden.

Die Versuche über die Fibrinverdauung wurden bei einer Temperatur von 36—40° C. ausgeführt. Die Digestion währte nur (in den im Text besonders angegebenen Fällen) ausnahmsweise länger als 48 Stunden; für gewöhnlich genügten, wenn überhaupt eine fibrinverdauende Wirkung des Organauszuges vorhanden war, wenige Stunden, um ein positives Resultat zu erzielen.

Zu den Versuchen, welche über das Vorkommen von Diastase entscheiden sollten, dienten die durch Dialyse gereinigten Auszüge; doch braucht kaum bemerkt zu werden, dass vorher mit den directen, nicht der Dialyse unterworfenen Auszügen experimentirt, und das Ergebniss für entscheidend angesehen wurde, wenn dasselbe ein constantes war, und der Controlversuch dessen Richtigkeit ausser Frage stellte. Die diastasische Wirkung wurde an gekochter Stärke nach einer 2—3stündigen Digestion bei 38—40° C. und die Saccharification durch die *Trommer*'sche, bei einem negativen Ergebnisse ausserdem noch mit der *Böttcher*'schen Probe geprüft.

Alle im Text referirten Versuche wurden mehrfach von mir ausgeführt, oft mit verschiedenen Extracten (Glycerin-, wässeriger-, Säureauszug) und mit den Organen von verschiedenen Individuen. Das gilt besonders von den untersuchten Echinodermen, welche mir in grosser Menge zur Verfügung standen.

Digitized by Google

der Lösung zerstörend auf das Enzym. Die zur Erhärtung dieses Satzes angestellten Versuchsreihen sind dieselben, welche bei dem Conchopepsin zu dem gleichen Resultate führten[1]), und auf welche ich wohl verweisen darf. Ein diastatisches Enzym[2]) konnte ich in den durch Dialyse im fliessenden Wasser von den die Zuckerprobe sehr beeinträchtigenden Pigmenten und Peptonen befreiten Glycerinauszügen des Spongiengewebes bei Hircinia variabilis[3]) und Chondrosia reniformis nachweisen, während ein solches bei Suberites domuncula vermisst wurde.

Presste ich die Schwämme mit der Hand stark aus, sodass ich erwarten durfte, den Inhalt der sogenannten Gastrovascularräume ziemlich vollständig ausgedrückt zu haben, so bekam ich eine neutrale Flüssigkeit, welche sich beim Kochen und auf Zu-

[1]) Vergleichend-physiolog. Beiträge z. Kenntniss der Verdauungsvorgänge. Unters. a. d. physiol. Institut d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 11 ff.

[2]) Das Vorkommen der Diastase neben Pepsin und selbst, wie es am prägnantesten beim Flusskrebs zu demonstriren ist, in sauren Secreten veranlasste mich, auch einige Versuche darüber anzustellen, ob das diastatische Enzym in diesem Vorkommen eine gewisse Immunität gegen verdünnte Säuren besitzt, in welchen die Diastase des Speichels und des Pankreas auf gekochte Stärke unwirksam ist. Diese Versuche habe ich ausser mit dem Glycerinauszuge von Hircinia variabilis noch mit dem wässerigen Extracte der Leber von Astacus fluviatilis ausgeführt und mich überzeugt, dass sich auch die Diastase dieser Thiere in 0.1 pCt. HCl als vollkommen unwirksam erweist; in dem zwar auch constant deutlich sauren Lebersecrete vermag sie beim Krebse aber sehr wohl gekochte Stärke in wenigen Minuten zu saccharificiren. In Milchsäurelösungen von 0.5—2 pCt., in Weinsäure von 1 pCt. und in Essigsäure von 0.5 pCt. hatte weder das diastatische Enzym von Hircinia variabilis noch das aus der Astacusleber seine Wirkung auf gekochte Stärke eingebüsst.

[3]) Nicht ohne Interesse dürfte die ausgezeichnete Fluorescenz sein, welche das Glycerinextract von Hircinia variabilis besonders im grünen Lichte zeigt. Im Spectrum dieses Auszuges erscheint (bei einer Verdunklung bis dicht vor a und am violetten Ende schwach zunehmend von F bis G) dicht hinter D ein tief dunkles Absorptionsband. Ein schwächer markirter Streifen findet sich unmittelbar vor F. Mit zunehmender Concentration der Lösung erfolgt vom violetten Ende her eine Verdunklung des Spectrums bis D, während die Absorptionsgrenze vor a constant bleibt.

Digitized by Google

satz von Salzsäure oder Essigsäure nicht trübte. Kalilauge rief in derselben einen weissen Niederschlag hervor, welcher sich beim Glühen nicht schwärzte und also nur aus anorganischen Stoffen bestand. Ebensowenig gelang mir mittelst Natronlauge und Kupfervitriol die Pepton- oder Eiweissreaction, und eine eiweissverdauende Wirkung in 0.1 procentiger HCl, 2 procentiger Essigsäure oder 2 procentiger Sodalösung war gleichfalls nicht zu erzielen. Es verhielt sich der Presssaft aus den Schwämmen wie Meerwasser, und alle Versuche, einen experimentellen Anhalt für die Production von Verdauungssäften zu gewinnen, blieben bei den Spongien ebenso erfolglos wie bei den Actinien, Acalephen und Alcyonien. Unter anderm habe ich mit einer feinen Pipette den flüssigen Inhalt des cölenterischen Raumes einer lebenden Aurelia aurita gesammelt und finde denselben wie den 2 procentigen Soda- oder 0.1 procentigen HCl-Auszug eines Ballens von Filtrirpapier, welcher in diesem Raume etwa 40 Stunden verweilt hatte, nach 4 Tagen ohne jede eiweissverdauende Wirkung, sowohl in saurer (0.1 procentiger HCl, 2 procentiger Essigsäure) als in alkalischer (2 procentiger Soda-)Lösung. Auch in den Gastrovascularraum einer lebenden, grossen Aurelia aurita gebrachtes rohes Fibrin war nach 24 Stunden noch sichtlich unverändert.

Die meinen Resultaten scheinbar widersprechenden Angaben, denen zu Folge Fische wie Crustaceen von mehr als Zolllänge, trotzdem sie zum Theil aus der Mundöffnung hervorragten, bis auf das Skelet in den Magensäcken der Cölenteraten vollständig verdaut waren [1]), finden in einer eingetretenen Selbstverdauung

[1]) Derartige Beobachtungen können für eine Production von Verdauungssecreten selbstverständlich nichts beweisen, weil die Organismen, welche man von den Cölenteraten aufgenommen sah, in ihrem Körper selbst reichlich Verdauungsenzyme enthalten, mittelst deren ihre Leibessubstanz ebenso vollständig als durch secundär hinzugemischte verdaut werden kann. Cf. z. B. *Bronn* (Klassen und Ordnungen des Thierreiches. Bd. II. 1860. S. 106) über Physalia.

Digitized by Google

des Aufgenommenen ihre Erklärung, und die oft constatirte Thatsache, dass Quallen von andern Quallenarten gefressen werden, wird auf Resorption beruhen und nicht die Folge einer enzymatischen Verdauung sein. In Erwägung der Thatsachen, dass z. B. bei Rhizostomum Cuvieri die Mundöffnung nur in der Jugend vorhanden, später zugewachsen ist, und dann die Aufnahme der Nahrung durch Saugröhren, ähnlich wie bei den Acineten erfolgt, dass die weite Mundöffnung bei anderen Cölenteraten und der Wasserstrom, welcher die cölenterischen Räume der Spongien durchspült, eine ausgiebigere Secretproduction sehr wenig nutzbringend erscheinen lassen, wird die Möglichkeit am meisten für sich haben, auf welche mich Herr Geh. Rath *Kühne* aufmerksam machte, dass viele Cölenteraten auf die Enzyme ihrer Beute angewiesen sind, und dass mittelst dieser vorzugsweise die Verflüssigung der Nahrung in den cölenterischen Räumen dieser Thiere erfolgt. Das Körpergewebe ist aber wenigstens bei einigen Arten unter den höheren Cölenteraten nicht weniger mit Enzymen geschwängert, als das der Spongien.

So finde ich z. B. bei Anthea viridis einen bemerkenswerthen Enzymgehalt in den verschiedensten Organen, und merkwürdigerweise sind die enzymatischen Eigenschaften der Auszüge von den Septen und Tentakeln andere, als die des Auszuges von den halskrausenartigen Geschlechtsdrüsen. Das Glycerinextract von den Septen des cölenterischen Raumes besass keine eiweissverdauende Wirkung in neutraler wässriger und 2 procentiger Sodalösung; wohl aber wirkte es in 1—2 Stunden auf rohes Fibrin in 0.1—0.2 pCt. HCl, 1—4 pCt. Weinsäure und 0.5—4.0 pCt. Milchsäure verdauend ein; ein negatives Resultat ergab sich zwar auch in den Oxalsäure- (0.5—4 pCt.) und Essigsäure- (1 pCt.) haltigen Lösungen. Ebenso unwirksam in alkalischer und neutraler Flüssigkeit erwies sich das Enzym der Tentakeln, welches nicht weniger rasch in 0.2 procentiger HCl rohes Fibrin verdaute.

Digitized by Google

Unter den Verdauungsproducten befanden sich reichlich Peptone, nachweisbar in dem Dialysate durch das *Millon*'sche Reagens sowie durch Natronlauge und Kupfervitriol, und in der verdauten Flüssigkeit entstand ein starker Neutralisationsniederschlag.

Die Geschlechtsdrüsen von Anthea enthielten, wie analoge Verdauungsversuche mit den Glycerinauszügen ergaben, von Enzymen dieser Art nichts; sie enthielten aber ein tryptisches Enzym, welches rohes (kein gekochtes) Fibrin unter Bildung von Peptonen in einer 2procentigen Sodalösung und in Wasser bei neutraler Reaction in etwa 4 Stunden verdaute. Diastase war bei Anthea in keinem dieser Auszüge auch ohne vorhergegangene Dialyse durch eine saccharificirende Wirkung auf gekochte Stärke nachzuweisen.

Bei Alcyonium palmatum gelang die Extraction von eiweissverdauenden oder gekochte Stärke diastatisch verändernden Enzymen durch eine Behandlung des lebenden Gewebes aus dem Cönenchym wie einer grossen Anzahl aus dem gemeinsamen Stamme herausgedrückter Einzelpolypen mit Säure (0.2 pCt. HCl), Sodalösung (2 pCt.), Wasser oder Glycerin nicht. Der Presssaft aus den Geweben (auf einen Gehalt von 2 pCt. Essigsäure, 0.2 pCt. Soda gebracht) war ebenfalls in saurer und alkalischer Lösung dem rohen Fibrin gegenüber unwirksam.

Allen Vermuthungen über eine functionelle Bedeutung dieser Enzyme in den Geweben der Cölenteraten fehlt eine sichere Grundlage. Meine Untersuchungen beweisen zur Zeit nur, dass die Enzymproduction bei diesem Evertebratentypus keineswegs in der Weise localisirt und der Darmverdauung nutzbar gemacht ist, wie bei Arthropoden und Mollusken. Zwischen den letztgenannten Typen der Wirbellosen und den Cölenteraten bilden die Verhältnisse, welche ich bei den Echinodermen antreffe, ein ausgezeichnetes Bindeglied.

Bei Synapta digitata, an deren Darm ebenfalls

Digitized by Google

Baur [1]) keine Drüsen bemerken konnte, gelang mir weder durch die wässerige noch durch die Glycerinextraction die Gewinnung eines in saurer oder alkalischer Lösung rohes Fibrin verdauenden Enzymes. Diastase war durch die saccharificirende Wirkung auf gekochte Stärke in dem durch Dialyse gereinigten Darmglycerinauszuge nachzuweisen.

Der flüssige und neutrale Darminhalt von Holothuria tubulosa verdaute grosse Mengen rohen Fibrins unter Bildung von Peptonen in wenigen Stunden. Merkwürdig ist es desshalb, dass mir eine Enzymgewinnung aus dem gereinigten Darme der Holothuria nicht gelang, obgleich zur Glycerinextraction der ganze Darm von 7 grossen Exemplaren Verwendung fand. Weder in Essigsäure, Weinsäure und Salzsäure verschiedener Concentrationen noch in 2procentiger Sodalösung liess sich eine Wirkung auf rohes Fibrin bei 20—40° C. erkennen, und diastatisch wurde gekochte Stärke durch den Glycerinauszug nicht verändert. Die mikroskopische Untersuchung von Schnitten aus dem Anfangs-, Mittel- und Endtheile des Darmes lieferte gleichfalls keine Beweise für das Vorhandensein secretorischer Organe in dem Darmrohre. Ebenso führten alle Versuche, aus den *Poli*'schen Blasen, den *Cuvier*'schen Organen, den Wasserlungen, dem Blute der Holothuria Enzyme zu extrahiren, nur zu negativen Resultaten, und es muss desshalb zweifelhaft erscheinen, ob das tryptische Enzym im Darminhalte der Holothuria aus der aufgenommenen Nahrung stammt, oder ob die Enzymbildung langsam und die Ausscheidung der Secrete so rasch erfolgt, dass in den secretorischen Bezirken nur höchst geringe Mengen davon vorhanden sind, oder ob bei einer bedeutenderen enzymatischen Secretproduction die Enzyme aus den Geweben durch die angewandten Extractionsmittel nicht in Lösung zu bringen sind. Letzterer Ueberlegung

[1]) *A. Baur*, Beiträge z. Naturgeschichte der Synapta digitata. Erste Abhandlung. Zur Anatomie der Synapta digitata. Dresden 1854, S. 27.

Digitized by Google

stehen erhebliche Bedenken entgegen, welche sich bei nahe verwandten Arten (Cucumaria Planci) offenbaren. Aber auch bei Holothuria tubulosa findet sich in einem extraintestinalen Organe reichlich Pepsin. Die linke Hälfte der Wasserlungen wird bekanntlich bei den Aspidochiroten von einem Blutgefässnetz innig umsponnen, und das Glycerinextract dieses Geflechtes enthält ein peptisches, kein in 2procentiger Sodalösung Eiweissstoffe verdauendes tryptisches Enzym und keine Diastase. Das peptische Enzym verdaut rohes Fibrin in 0.2 pCt. HCl, 0.4—4 pCt. Milchsäure, 0.5—2 pCt. Essigsäure, 4 pCt. Weinsäure und ist auch nicht ganz unwirksam in 0.5procentiger Oxalsäure; in 4procentiger Oxalsäurelösung wurde das Fibrin aber nicht mehr peptisch verändert [1]). Im Verlaufe einer Stunde wurde rohes Fibrin in 0.2procentiger HCl regelmässig verdaut.

Dass dieses Pepsin nicht von dem Darme aus resorbirt worden ist, wird damit verbürgt, dass das ganze Darmrohr stets enzymfrei gefunden wurde. Die Blutgefässe müssen an dieser Stelle drüsige Elemente enthalten, welche die Enzymproduction selbst besorgen. Das Glycerinextract und der Inhalt der Darmgefässe von Holothuria tubulosa besitzt in sauren (0.2 pCt. HCl, 2 pCt. Essigsäure) Lösungen keine verdauende Wirkung auf rohes Fibrin; die Enzyme gelangen demnach aus den Blutgefässdrüsen auf secretorischem Wege nicht in das schleimige Blut. Die functionelle Bedeutung des peptischen Enzymes in dem Geflechte, welches bei der Holothuria die Blutgefässe mit der einen Wasserlunge bilden, ist ebenso unverständlich wie das Vorkommen des Pepsins im Körpergewebe der Spongien und Cö-

---

[1]) Diese Verhältnisse schon ahnend, bemerkt *C. Semper* (Reisen im Archipel der Philippinen. Zweiter Theil. Bd. I. Holothurien. 1868, S. 101) Folgendes: „Besondere drüsige, der Leber etc. zu vergleichende Organe fehlen den Holothurien gänzlich; dagegen treten die Wassergefässe sowohl wie die Blutgefässe in eigenthümliche Verbindung mit bestimmten Theilen des Darmes.

Digitized by Google

lenteraten. Ich hatte während meines Triestiner Aufenthalts versäumt, die Reaction des Blutes bei den Holothurien zu prüfen. Herr Dr. *E. Græffe*, welchem ich in so vielfacher Weise zum Danke verpflichtet bin, hat die Güte gehabt, dieselbe festzustellen. Er findet sie einer brieflichen Mittheilung nach bei Holothuria tubulosa meist neutral, doch scheint das Blut unter Umständen auch eine schwach saure Beschaffenheit annehmen zu können, und dadurch würde die Bedingung erfüllt sein, welche das peptische Enzym wirkungsfähig werden lässt.

Während bei Holothuria tubulosa kein den Mollusken- und Arthropodenlebern functionell gleichwerthiges Organ nachzuweisen war, ist ein solches bei Cucumaria Planci in den vordern, dunkelgelben, langen Darmanhängen gegeben. Das Glycerinextract dieser Schläuche verdaute rohes (kein gekochtes) Fibrin in neutraler, alkalischer (2procentiger Sodalösung) und saurer (0.2procentiger HCl, 0.5procentiger Oxalsäure, 1.0—4.0procentiger Weinsäure und 0.5—4.0procentiger Essigsäure) Lösung bei 40° C. im Laufe von 2—3 Stunden. Aus den Wasserlungen, den *Poli*'schen Blasen und den *Cuvier*'schen Organen konnten auch bei Cucumaria durch Glycerinextraction keine enzymatische Flüssigkeiten erhalten werden; weder gelang mit diesen Auszügen die Saccharificirung gekochter Stärke, noch die Verdauung rohen Fibrins in saurer oder alkalischer Lösung.

Die dottergelben Darmanhänge der Cucumaria finden ein vollständiges Analogon in den Lebern der Asteriden. Der wässrige — wie der Glycerinauszug aus den Seesternlebern, den sogenannten Radialanhängen des Darmes, übte eine peptische und tryptische Wirkung auf rohes Fibrin aus und saccharificirte wie das Glycerinextract der Cucumarialebern gekochte Stärke. Meine Untersuchungen wurden ausgeführt an Astropecten aurantiacus und an Asteracanthion glacialis. Aus den Lebern beider Seesterne ließen sich dieselben Enzyme gewinnen,

Digitized by Google

welche bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten die gleichen Eigenschaften äusserten. Ich erhielt eine fibrinverdauende Wirkung in thymolisirter 2procentiger Soda- und in thymolisirter neutraler, wässriger Lösung (tryptisches Enzym), in 0.5—4.0procentiger Weinsäure (in der 4procentigen und 1procentigen Lösung war das Fibrin bereits nach einer halben Stunde verdaut, während die Verdauung in 0.5procentiger Weinsäure einige Stunden erforderte), 0.5—4.0procentiger Milchsäure, 0.2procentiger HCl und in 1—4procentiger Essigsäure, während die Wirkung in 0.5procentiger Essigsäure und 0.5—1.0procentiger Oxalsäure äusserst gering war. In der thymolisirten Sodalösung wurde von dem tryptischen Enzyme unter Bildung von Peptonen auch gekochtes Fibrin verdaut: eine Eigenschaft, welche meinen Untersuchungen zufolge dem Molluskentrypsin fehlt. Eine Verdauung von gekochtem Fibrin bei Säurezusatz liess sich nicht erzielen.

Trotzdem bei den Seesternen wohlentwickelte Drüsenmassen alle für die Verdauung nothwendigen Enzyme liefern, ist die Localisation der Enzymbildung doch auch hier keine vollständige. Das Glycerinextract wie der wässrige Auszug der sogenannten *Tiedemann*'schen Körperchen enthalten dasselbe peptische Enzym wie die Asteridenlebern, während das tryptische in diesen Drüsen fehlt. Die Möglichkeit, dass das in diesen Drüsen nachweisbare Pepsin vom Magen aus resorbirt wurde, ist meiner Ansicht nach durch das Fehlen des tryptischen Enzymes in den *Tiedemann*'schen Körperchen ausgeschlossen. Durch die alkalische Leibesflüssigkeit würde das Pepsin sicherlich auch viel eher zerstört worden sein als das tryptische Enzym, an welchem das Lebersecret der Asteriden viel reicher ist als an Pepsin. Sehr reich an Diastase waren die *Tiedemann*'schen Körperchen von Astropecten aurantiacus; sie konnte in dem Glycerinauszuge von nur vier dieser Drüschen nach der mehrfach von

Digitized by

mir beschriebenen [1]) Methode leicht nachgewiesen werden. Aus dem in fliessendem Wasser längere Zeit ausgewaschenen Darme von Astropecten war ebenfalls durch Glycerin ein peptisches Enzym zu gewinnen, welches in Milchsäure (0.5—4 pCt.), Weinsäure (1—4 pCt.), Essigsäure (0.5—2 pCt.) und in 0.2 procentiger Salzsäure Flocken rohen Fibrins in wenigen Stunden vollständig verdaute. Der Beweis für das Vorkommen zweier eiweissverdauender Enzyme (eines tryptischen und eines peptischen) in den Asteridenlebern wurde in derselben Weise geführt, wie für die Lebern von Astacus fluviatilis, den Cephalopoden und Limaciden. Auch dieses Pepsin wird durch eine eintägige Digestion mit einer 0.2 procentigen Sodalösung zerstört und ebenso das tryptische durch Digestion mit einer 0.2 procentigen HCl. Entfernt man die Zusatzflüssigkeiten nach genügender Einwirkung auf dialytischem Wege, so erhält man enzymatische Lösungen, frei von peptischen Eigenschaften in 0.2 procentiger HCl und in organischen Säuren von höherer Concentration resp. tryptisch unwirksame Flüssigkeiten ohne fibrinverdauende Eigenschaften in 2 procentiger Soda oder bei neutraler Reaction.

Von den Echiniden gelangten Toxopneustes lividus [2]) und brevispinosus lebend und in hinreichender Menge zur Untersuchung. Der im Darme angesammelte Verdauungssaft, ohne ausgeprägte saure oder alkalische Reaction, verdaute rohes Fibrin in alkalischer (2 pCt. Soda) und saurer (0.2 pCt. HCl) Lösung in 2—3 Stunden. Mittelst der Darmglycerinauszüge beider Toxopneustesarten wurden die Eigenschaften bei Zusatz von organischen Säuren ermittelt, welche wesentlich mit denen des pep-

[1]) l. c. S. 43.

[2]) Der alkalische Auszug des intensiv roth gefärbten Darmes von Toxopneustes lividus zeigt bei einer Verdunkelung der Enden des Spectrums bis vor a resp. bis zwischen E und D einen deutlichen Absorptionsstreifen dicht hinter a, der Lage nach identisch mit dem des alkoholischen Extractes von Comatula mediterranea.

Digitized by Google

tischen Enzymes bei den Asteriden übereinstimmen und in der Tabelle verzeichnet sind. Diastase war in den Darmglycerinauszügen beider Arten nachweisbar.

Bei den Echiniden dürfte somit die Existenz einer Darmsecretion nachgewiesen sein, da das Glycerinextract stets von wohl gereinigten Därmen angefertigt wurde, und die Eigenschaften desselben die nämlichen sind als die des natürlichen Verdauungssaftes. Dieses Ergebniss ohne Weiteres auf die Holothurien, deren Darmgewebe von mir enzymfrei gefunden wurde, zu übertragen, muss als unzulässig gelten; weitere ausgedehnte Versuchsreihen mit dem Darme der Holothurien lassen die erkannten Verhältnisse bei den Echiniden aber sehr wünschenswerth erscheinen.

Ist nach den mitgetheilten Ergebnissen eine nachträgliche Verdauung des Resorbirten in den Gefäßdrüsen und andern extraintestinalen Organen bei den niedern Evertebraten nicht ganz unmöglich, so fehlt bei den Würmern, Arthropoden und Mollusken jeder experimentelle Nachweis einer weitern enzymatischen Veränderung des Aufgenommenen, speciell der Eiweisssubstanzen, ausserhalb des Verdauungsapparates.

Bei einigen Vertretern der verschiedenen höheren Evertebratenklassen[1]) findet sich aber eine Einrichtung des Verdauungsapparates so seltsam und abweichend von allem sonst Bekannten, dass sie hier nicht unerörtert gelassen werden darf. Es sind dies Erweiterungen der Lebergänge, beträchtlich genug, um den Chymus aus dem Darmrohre in sie eintreten zu lassen. Doch werden da, wo die Gallensecretion eine stetige ist, oder wo

---

[1]) Darmanhänge dieser Art finden sich unter den Würmern z. B. bei Planarien und Trematoden; bei den Aeolidiern unter den Mollusken, und bei den Araneinen und Pycnogoniden unter den Arthropoden (cf. F. *Plateau*, Recherches sur la structure de l'appareil digestif et sur les phénomènes de la digestion chez les Aranéides dipneumones. Bruxelles. 1877. p. 98).

Digitized by Google

Sphincteren den Lebergang am intestinalen Ende verschliessen können, dem Eintreten von Nahrungsstoffen unüberwindliche Schwierigkeiten erwachsen. Die letzteren Factoren sind in der umfangreichen Literatur über den Phlebenterismus nicht genügend berücksichtigt, und es ist desshalb eine kurze Auseinandersetzung dieser Verhältnisse hier erforderlich.

Lässt sich nachweisen, dass der Speisebrei in die erweiterten Lebergänge eintritt, dass in ihnen noch verdaut und resorbirt wird, dann bediene ich mich der Bezeichnung: Canales hepato-intestinales[1]). Diese Gebilde deuten wohl am sichersten auf eine gegenseitige functionelle Beziehung zwischen der Darm- und Gefässentfaltung hin.

Dass in die Darmanhänge der Aeolidier Nahrung gelangt, dass in ihnen wie im Darmrohre verdaut wird, ist durch die Beobachtungen von *H. Milne-Edwards*, *Quatrefages*, *Hancock* und *Embleton*, *Alder* und *Nordmann*, *Bergh* u. A. festgestellt. Dass bei den Wirbellosen, welchen diese Einrichtung zukommt, das Körperparenchym mehr im Chylus als in einer dem Blute ähnlicheren Flüssigkeit gebadet wird, dass die Circulation der Nahrungssäfte der Resorption gegenüber zurücktreten muss, ergibt sich aus den anatomischen Befunden von selbst, und dass in diese Blindsäcke enzymatische Secrete ergossen werden, ist mir durch die Extraction eines peptischen Enzymes aus diesen Organen einiger unbestimmbarer Aeolisarten in Triest nachzuweisen gelungen. Die abgelösten Papillen (cf. *R. Bergh*, Malakolog. Unters., I. Hälfte 1870—1875, S. 5) wurden mit Glycerin verrieben und so ein Filtrat erhalten, welches in 2procentiger Essigsäure, 1- und 4procentiger Milchsäure, 0.2procentiger Salz-

[1]) Die Bezeichnungen: canaux gastro-hépatiques und appareil gastro-vasculaire, welche *H. Milne-Edwards* vorgeschlagen hat, drücken, wie sich aus dem Folgenden ergeben wird, die Functionen dieser Gebilde nicht richtig aus.

Digitized by Google

säure und in 4procentiger Weinsäure rohes Fibrin unter Bildung von Peptonen in 2—3 Stunden verdaute; in 2procentiger Sodalösung war dieser Auszug nach zwei Tagen ohne fibrinverdauende Eigenschaften, und gekochte Stärke wurde während drei Stunden bei 40° C. von ihm nicht in Zucker verwandelt.

Der Hepato-Intestinalapparat der Aeolidier erinnert äusserlich sehr an die cölenterischen Räume der Acalephen und an die Leberblasen der Aphroditen, mit welchen er nicht selten functionell verglichen ist. Berechtigt ist dieser Vergleich ohne eine experimentelle Begründung nicht; meine Versuche, die ersten, welche in dieser Hinsicht angestellt wurden, führen vielmehr zu ganz anderen Schlussfolgerungen.

Es sei zuerst darauf hingewiesen, dass ein Magen, wie er bei den Vertebraten existirt, d. h. ein Verdauungsraum, welcher seine specifischen Enzyme besitzt (mögen dieselben von mehr oralwärts gelegenen Bezirken[1]) oder von eigenen Magendrüsen geliefert werden), bei den Wirbellosen nicht nachgewiesen ist. Alle Forscher, welche über diesen Punkt experimentelle Erfahrungen gesammelt haben, sind von der Richtigkeit dieses Satzes überzeugt. Was die vergleichenden Anatomen bei Mollusken, Arthropoden und Würmern „Mägen" nennen, sind einfache Darmerweiterungen und kein triftiger Grund ist jemals vorgebracht[2]), welcher diese Bezeichnung rechtfertigen könnte. Es scheint nach meinen Untersuchungen ein wesentlich functioneller Unterschied zwischen den Verdauungsräumen der höhern Everte-

[1]) Cf. *H. von Swięcicki*, Untersuchung über die Bildung und Ausscheidung des Pepsins bei den Batrachiern. *Pflüger*'s Archiv. Band XIII. S. 444.

[2]) Nach *Keferstein* (*Bronn*, Klassen und Ordnungen des Thierreichs. Band III. 2. Abtheilung 1862—1866. S. 9, 54) ist für die Bezeichnung einer Darmerweiterung — wie sie besonders bei den Mollusken in sehr wechselnden Formen nicht nur bei nahestehenden Arten, sondern auch bei ein und derselben Species (Pleurobranchus) vorkommen — als Magen

Digitized by Google

braten und den cölenterischen Räumen der Cölenteraten zu bestehen. Bei den ersteren findet unzweifelhaft die Verdauung mittelst selbst producirter, enzymatischer Secrete statt, was sich für die Cölenteraten keineswegs behaupten lässt, weil die in dieser Hinsicht angestellten Versuchsreihen nur zu negativen Ergebnissen führten [1]. Findet aber kein Secreterguss in die cölenterischen Räume statt, so wird man die mehr der Resorption und Irrigation des Körpergewebes dienenden Ramificationen derselben kaum den Hepato-Intestinalcanälen der Aeolidier vergleichen können. Bevor der Beweis für eine Enzymsecretion bei den Cölenteraten nicht erbracht ist, wird man desshalb zweckmässig auf diesen Vergleich verzichten.

Die Canales hepato-intestinales der Aeolidier sind also, wie sich aus dem Vorhergehenden ergibt, gefässartige Erweiterungen der verdauenden Cavität selbst; in sie gelangen enzymatische Secrete, in ihnen wird verdaut, in ihnen wird sicherlich auch resorbirt. Ganz abweichend davon sind die Verhältnisse bei den Aphroditen [2]. In den sog. verzweigten Cöcal-

---

die Mündungsstelle der Gallengänge massgebend. Da das Lebersecret sich aber sowohl oral- wie analwärts im Darmrohre vertheilt, und mittelst desselben, soviel bekannt ist, die Verdauung ausschliesslich erfolgt, bietet auch die Insertion der Gallengänge keinen Anhalt für diese rein functionelle Bezeichnung.

[1]) Cf. auch *G. H. Lewes*, Naturstudien am Seestrande. Berlin. 1859. S. 206 ff.

[2]) *Siebold*, *Milne Edwards* und *Gegenbaur* halten in ihren anatomischen Handbüchern die Auffassung fest, welche auch *Ehlers* (die Borstenwürmer, Leipzig 1864—1868, S. 26) adoptirt zu haben scheint, dass die Cöcalanhänge der Aphrodite einfache Aussackungen des Darmrohres darstellen, in welchen verdaut und resorbirt wird. Die Beobachtungen, welche diese Ansicht stützen, sind nicht beweiskräftig genug, da eine aus technischen Gründen nothwendige Präparationsmethode: die Anhänge von ihrem blinden und nicht von dem intestinalen Ende aus zu öffnen, dabei wahrscheinlich unterlassen wurde. Der zähe Darminhalt haftet sehr fest am Metalle der einzuführenden Instrumente und führt in Folge dessen leicht zu falschen Beobachtungen. Ich fand bei allen untersuchten Aphroditen und Her-

Digitized by Google

anhängen dieser Borstenwürmer wird nicht verdaut: in ihnen erfolgt keine Resorption von Verdauungsproducten, sondern diese „Leberblasen“ dienen lediglich der Secretion, der Aufbewahrung und Ableitung des Secretes. Sie sind nicht analog den Blindsäcken am Darmkanale der Hirudinen, vielleicht aber der sog. „grünen Drüse“ der Siphonostomen.

Der in den Leberblasen von Hermione hystrix und Aphrodite aculeata enthaltene Verdauungssaft verdaut in thymolisirter alkalischer (2procentiger Sodalösung) und neutraler wässriger Flüssigkeit rohes und gekochtes Fibrin im Laufe von $^1/_2$—2 Stunden. Es finden sich unter den Verdauungsproducten Peptone und sehr reichlich bilden sich durch Neutralisation fällbare Eiweisskörper. Ein Liter steifer Fibringallerte wurde in wenigen Stunden verdaut, ohne dass unter den Verdauungsproducten Tyrosin und Leucin nachweisbar waren, und auch die Bromwasserreaction gelang mit der verdauten Masse nie. Da das Arthropodentrypsin, welches vielleicht echtes Trypsin ist und nicht energischer auf die Eiweissstoffe wirkt wie das tryp-

mionen die Cöcalanhänge stets gefüllt mit dem dunkelgrünen Verdauungssafte, der bei gefülltem und leerem Darme gleich gefärbt war und nie feste Theile aus dem Darminhalte erkennen liess. Wäre es Chymus, welcher sich in den Leberblasen angesammelt hatte, wie *Th. Williams* (Report on the British Annelida. Report of the British Association. London 1852, S. 237) glaubt, so müssen sich nothwendig Unterschiede in der Färbung dieses Inhalts, der aufgenommenen Nahrung entsprechend, geltend machen. Das ist aber nicht der Fall, wie ich mich an vielen Exemplaren von Aphrodite aculeata überzeugen konnte, und zu kühn ist der Glaube, dass der fast farblose Chymus des Darmes beim Eintritt in die Cöcalanhänge grün wird. Der Inhalt der Leberblasen bei den Aphroditen hat ferner dieselben physikalischen und enzymatischen Eigenschaften wie das Secret der „grünen Drüse“ von Siphonostoma diplochaïtos, welche schwerlich Jemand als ein Chymusreservoir ansprechen würde. Auch ist es unverständlich, wie die constante und meist pralle Spannung der Leberblasen bei Aphrodite einen Eintritt des Speisebreies in die Lebergänge ermöglichen soll, und ausserdem scheint noch ein Sphincter die intestinale Mündung periodisch zu verschliessen, worauf schon *Milne Edwards* (Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée. T. V. p. 433, Note 1) hinwies.

Digitized by Google

tische Enzym der Würmer, bei Einwirkung auf nur wenige Fibrinflocken schon nachweisbare Mengen des die Bromwasserreaction hervorrufenden Körpers bildet, so ist kaum daran zu zweifeln, dass das Trypsin der Würmer von dem der Arthropoden wesentlich verschieden ist[1]). Viele Eigenschaften theilt es zwar mit dem echten Trypsin. So wirkt es z. B. bei 40° C. energischer als bei 22 und 12.5° C.; es wird durch mehrstündige Digestion mit 0.2procentiger Salzsäure zerstört und ist in neutraler Lösung unfähig, selbst nach tagelanger Einwirkung das Pepsin unwirksam zu machen. Dieses tryptische Enzym möge fernerhin „Isotrypsin" heissen; es ist vielleicht dasselbe, welches ich in den Asteridenlebern nachweisen konnte und auch ver-

---

[1]) Bei Lumbricus terrestris, aus welchen die Enzyme durch Verreiben des ganzen Thieres mit Glycerin gewonnen wurden, gelang mir zwar einmal mit der in 2procentiger Sodalösung verdauten Fibrinmasse die Bromwasserreaction. Da diese Beobachtung sich mit den Resultaten, welche die reinen Secrete der Borstenwürmer lieferten, in Widerspruch befand, so habe ich die Versuche mit verschiedenen Lumbricusarten wiederholt, und es ergab sich, dass auch das tryptische Enzym der Lumbriciden kein Verdauungsproduct bildet, welches durch die Bromwasserreaction erkannt wird. Ich vermuthe, dass in dem einen Ausnahmefalle den Darmcontenten von Lumbricus eingebettete kleine Arthropoden, welche mit der Erde vielleicht zufällig aufgenommen waren, die Ursache für die Bildung des durch die Bromwasserreaction indicirten Körpers abgaben.

Durch meine jüngst auf Helgoland mit dem Verdauungssafte von Arenicola piscatorum angestellten Verdauungsversuche ist die Gegenwart von Isotrypsin in der Verdauungsflüssigkeit dieses tubicolen Wurmes ebenfalls bewiesen; rohes wie gekochtes Fibrin wurde bei alkalischer Reaction des Verdauungsgemisches (2procentige Sodalösung diente als Zusatzflüssigkeit) davon bei 38° C. in einer halben Stunde verdaut, ohne dass sich unter den Verdauungsproducten die durch die Bromwasserreaction gekennzeichnete Substanz gebildet hatte. Der Darmsaft von Arenicola, welcher eine deutlich alkalische Reaction besitzt, enthält ausser Isotrypsin aber auch noch ein peptisches Enzym; denn er ist fähig in 0.2procentiger HCl rohes Fibrin unter Bildung von Peptonen in etwa zwei Stunden zu verdauen. Gleichfalls reich ist derselbe an Diastase, welche bei einer constanten Temperatur von 38° C. im Laufe von einer halben Stunde aus Stärkekleister eine erhebliche Menge Zuckers gebildet hatte.

Digitized by Google

schieden von dem tryptischen Enzyme der Mollusken, welches eine Wirkungsfähigkeit auf gekochtes Fibrin nicht zu besitzen scheint.

In schwachen Lösungen organischer Säuren ist das Isotrypsin gleichfalls nicht unwirksam; in 0.5procentiger Weinsäure, 0.5- und 1procentiger Milchsäure, sowie in 0.5procentiger Essigsäure liess sich rohes Fibrin sehr gut verdauen. Wurde der Verdauungssaft aus den Leberblasen durch Auswaschen sorgfältig entfernt, so liessen sich aus denselben durch Extraction mit Glycerin oder 2procentiger Sodalösung tryptisch wirksame Flüssigkeiten erhalten; jedoch von viel geringerer Wirkungsenergie als sie das natürliche Secret besass. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die Secretbildung in den Drüsen dieser Anhänge sehr langsam, aber stetig geschieht, und dass aus diesem Grunde eine so complicirte Einrichtung des Secretreservoirs für die Aphroditen von Nutzen ist.

Wurde der Verdauungssaft dieser Chaetopoden auf einen Gehalt von 0.1 pCt. HCl oder 4 pCt. Essigsäure gebracht, so wirkte er während mehrerer Tage nicht fibrinverdauend, wodurch die Abwesenheit des peptischen Enzymes in demselben dargethan sein dürfte. An Diastase, welche in bekannter Weise nachgewiesen wurde, war der Verdauungssaft reich. Aus den Darmcontenten erhielt ich durch die wässrige Extraction neben Diastase dasselbe tryptische Enzym, welches in den Leberblasen aufgefunden wurde, während Pepsin auch in diesen Auszügen fehlte. Aus dem gereinigten Darmrohre, und insbesondere aus dem ösophagealen Abschnitte desselben liessen sich bei Aphrodite aculeata durch Behandlung mit Glycerin, 0.2procentiger HCl, 2procentiger Sodalösung oder Wasser keine diastatisch, tryptisch oder peptisch wirkende Auszüge gewinnen. Unrichtig ist also die Vermuthung von *Williams* (l. c. S. 237), dass bei Aphrodite aculeata Zotten des Oesophagus Verdauungssäfte liefern.

Digitized by Google

Bereits früher[1]) wurde von mir mitgetheilt, dass sich aus dem Darmtractus von Hirudo officinalis keine enzymatische Auszüge gewinnen lassen. Wie bekannt finden sich aber beim Blutegel in der Nähe der Kiefer becherförmige Drüsen, und es war die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass diese Verdauungssäfte lieferten. Zur Entscheidung dieser Frage verrieb ich den mit diesen Drüsen ausgestatteten Vorderdarmtheil von acht lebenden Blutegeln mit Glycerin und prüfte nach sechstägiger Einwirkung den Glycerinauszug auf Enzyme. Es erwies sich das Extract in einer Lösung von 2 pCt. Essigsäure, 1—2 pCt. Milchsäure und 0.1 pCt. Salzsäure, sowie in 2procentiger Sodalösung nach Tagen als vollkommen unwirksam auf rohes Fibrin, und auch der wässrige Auszug dieses Darmabschnittes von sechs Blutegeln besass keine eiweissverdauende Wirkung. Der Verdauungsmodus bei diesem sonst so hoch organisirten Wurme erinnert demnach mehr an die rein endosmotischen Vorgänge bei den Cestoden und andern parasitischen Formen (Trematoden, Acanthocephalen etc.) als an die mit Hilfe kräftiger Enzyme sich vollziehende Verdauung der Aphroditen. Beide Würmer sind zwar oft aus rein morphologischen Gründen in dieser Hinsicht verglichen und zusammengestellt.

Das grüne Secret der oberhalb des Vorderdarmes gelegenen Drüse bei Siphonostoma diplochaïtos enthält dieselben Enzyme (Isotrypsin und Diastase) wie der Verdauungssaft von Aphrodite aculeata und Hermione hystrix. Die Einmündungsstelle in den Darm ist mir unbekannt geblieben; auch bin ich im Ungewissen darüber, ob das Secret mit seiner ursprünglichen grünen Farbe in die Verdauungsampulle gelangt, wenn schon die Ansicht allgemein verbreitet ist, dass der Drüsengang neben den Ausgangsöffnungen der sog. Speicheldrüsen in

[1]) Versuche z. vergl. Physiologie der Verdauung etc. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Band I. S. 337.

Digitized by Google

den Oesophagus mündet. Die Befunde, welche mich in diesem Punkte ungewiss machen, sind folgende: Das Secret der Drüse war bei allen von mir untersuchten (über hundert) Exemplaren intensiv grün gefärbt, während der Vorderdarm eine intensiv orange und der flüssige Inhalt desselben constant eine rosa Färbung zeigte. Weder gemischt mit dem Secrete der sog. Speicheldrüsen, noch auf Zusatz von Säuren oder Alkalien schlägt die Farbe des Secrets der grünen Drüse in eine röthliche um, wie sie der flüssige Vorderdarminhalt besitzt. Bei Zusatz von 0.2procentiger HCl und einstündiger Digestion bei 40° C. setzt sich hingegen aus dem flüssigen Vorderdarminhalte ein intensiv roth gefärbter Niederschlag ab, welcher sich in der alkoholischen Lösung spectroskopisch wie der Farbstoff des Vorderdarmes verhält. Indem ich die Frage offen lasse, wie diese seltsame Farbenveränderung des Secretes zu erklären ist, in welchen Abschnitt des Verdauungsrohres sich das Secret der grünen Drüse ergiesst, möchte ich nur noch bemerken, dass im Mitteldarme die Farbe des Secretes eine grüne ist und dass der röthliche Verdauungssaft im Vorderdarme dieselben Enzyme enthält wie das Secret der grünen Drüse[1]). In beiden enzymatischen Flüssigkeiten wird das tryptische Enzym durch längere Digestion mit 0.2 pCt. HCl vollständig zerstört. Das farblose Secret der sog. Speicheldrüsen[2]) finde ich frei von Diastase und von allen in alkalischen (2 pCt. Soda) oder sauren (0.2 pCt. HCl; 0.5, 1.0 und 4.0 pCt. Milchsäure, 2 pCt. Essigsäure) Lösungen rohes Fibrin verdauenden Enzymen.

In der Familie der Lumbriciden deutet das Vorkommen

[1]) *Cf. Rathke*, Schriften der naturf. Gesellsch. zu Danzig, Bd. III. Heft 2. 1847. S. 87. Tab. V. Fig. 5 etc.

[2]) Keines der Secrete bei Siphonostoma zeigte eine saure Reaction, sondern alle sind neutral oder schwach alkalisch. Der wässrige Auszug der alkalischen Contenta des Endtheils vom Darme wirkt, wenn schon schwach, fibrinverdauend.

Digitized by Google

der Chloragogenzellen am Darm und Rückengefäss auf eine echte Blutverdauung hin. Die von mir anfangs gehegte Vermuthung: in dem Blute der Lumbriciden Enzyme aufzufinden, hat sich aber nicht bewahrheitet. Aus den Blutcavernen in den vorderen Segmenten lässt sich besonders bei den grossen südeuropäischen Lumbricusarten leicht eine grössere Menge Blut gewinnen. Ich fand das Blut in diesen Räumen, sowie das aus dem Rückengefässe durch Einstich gewonnene stets ohne diastatische Einwirkung auf gekochte Stärke bei 40° C. und ohne fibrinverdauende Eigenschaften bei saurer (0.1- und 0.2procentiger HCl, 0.5—4.0procentiger Milchsäure, Essigsäure oder Weinsäure), oder alkalischer (2procentiger Sodalösung) Reaction; auch verdaute es mit wenig Wasser verdünnt kein Fibrin. Versuche[1]), ausgeführt mit dem Blute von Helix pomatia, Mactra stultorum, Arca Noae und Astacus fluviatilis lieferten ebenfalls negative Resultate. Bei den Würmern, den Mollusken und Arthropoden scheint demnach die Enzymbildung auf die Drüsen des Darmes beschränkt zu sein[2]), und nur die Darmverdauung erfährt in diesen bezüglich der Verdauungsvorgänge viel Uebereinstimmendes bietenden Typen im Phlebenterismus eine eigenthümliche Modification.

Wenn man in den höhern Evertebratenclassen bei den parasitischen Formen den Verdauungsapparat zurückgebildet findet,

[1]) Das Blut dieser Thiere wurde in reichlicher Menge erhalten: bei Helix pomatia durch Anschneiden des Fusses, bei den Acephalen durch Anschneiden des Schliessmuskels und beim Krebse durch Abtrennung des letzten Schwanzsegmentes. Man gewinnt mittelst dieser Methoden kein ganz reines Blut (cf. *Voit*. Anhaltspunkte für die Physiologie der Perlmuschel. Z. f. w. Z. Bd. X. 1860 S. 470—498), doch sind die Verunreinigungen desselben für diese Versuche ohne Bedeutung.

[2]) Meine Untersuchungen beschränken sich nicht nur auf das Blut, sondern es wurden auch bei den Mollusken viele der Excretion und der Geschlechtsfunction dienende Drüsen mit negativem Resultat auf Enzyme geprüft. Auf diese Versuche werde ich an anderer Stelle ausführlicher eingehen. Aus der sog. „grünen Drüse“ von Astacus fluviatilis konnte ich zwar oft durch Glycerinextraction peptisch wirksame Lösungen erhalten.

Digitized by Google

und wenn man hier die Producte vermisst, mit deren Hilfe es dem Organismus leicht gelingt, das aufgenommene Nährmaterial zu bewältigen, dann sind die Gründe leicht zu errathen, welche diese Thatsachen verständlich machen. Werden aber bei Thieren, welche man für unmittelbare Vorläufer der Vertebraten oder selbst für rückgebildete Wirbelthiere ansieht, Verhältnisse angetroffen, welche viel unvollkommener als beispielsweise die bei den Asteriden sind, so fehlt uns, ohne das Aufgeben der systematischen Stellung dieser Thiere, jede Erklärung. In einer solchen Lage befinden wir uns bei den Ascidien.

Nach *Huxley*[1]) wird bei Phallusia, Cynthia und andern Tunicaten die Leber durch „ein System von feinen Röhrchen dargestellt, welche sich am Darme erzeugen und schliesslich zu einem Gange sammeln, der in den Magen mündet“. Bei einigen Cynthien soll sich nach demselben Forscher „eine folliculäre Leber von gewöhnlichem Charakter finden, die mit mehreren Ausführungsgängen in den Magen mündet“. Es ist mir nicht möglich gewesen, durch Extraction mit Glycerin, Wasser, Säuren (0.2 pCt. HCl, 2 pCt. Essigsäure) und Alkalien (2 pCt. Soda) die Uebereinstimmung dieser Apparate mit den enzymbildenden Lebern der Evertebraten festzustellen. Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, gelang mir die Verdauung rohen Fibrins mittelst der Extracte des Verdauungsapparates von Cynthia microcosmus und Phallusia mentula bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten nicht. Jedenfalls wird die Production eiweissverdauender Enzyme, wenn überhaupt vorhanden, bei diesen Ascidien eine sehr geringe sein; denn der gesammte Digestionstractus einer grossen Anzahl von Cynthien und Phallusien mit Glycerin verrieben, lieferte nur unwirksame Auszüge. Das Darmrohr von Ciona canina enthält Diastase, welche im Darm-

[1]) *Th. Huxley*, Grundzüge der Anatomie der wirbellosen Thiere. Deutsch von *J. W. Spengel*. Leipzig, 1878. S. 534.

Digitized by Google

canale bei Phallusia mentula aber nur in Spuren von mir nachgewiesen werden konnte. Aus den dem Darme angehefteten gelben (Cynthia microcosmus) oder bräunlichen (Phallusia mentula) Drüsen, deren Bedeutung als Harnorgane — durch den von *Kupffer* (Zur Entwicklung der einfachen Ascidien. Arch. f. mikr. Anat. Band VIII, S. 379) und *Lacaze-Duthiers* (Les Ascidies simples des côtes de la France. Archives de Zoologie expérimentale 1874) gelieferten Nachweis des Harnsäurevorkommens — erkannt ist, erhielt ich weder durch Extraction mit Wasser noch mit Glycerin auf gekochte Stärke diastatisch, auf rohes Fibrin peptisch (0.2 pCt. HCl, 2 pCt. Essigsäure, 1 pCt. Milchsäure) oder tryptisch (2 pCt. Soda) wirkende Lösungen.

Bei Ciona canina gelang mir in einem Falle der Nachweis eines tryptischen Enzymes in dem Darme (und seinen Contenten), dessen Vorkommen von der Krebsnahrung abzuleiten sein wird, zumal, wie ich in einer andern Arbeit zeigen werde, tryptische Enzyme bei Mollusken und den tiefer stehenden Evertebratenformen nicht häufig sind und, ohne mit peptischen im Vorkommen vergesellschaftet zu sein, kaum aufzutreten pflegen.

Der Verdauungsmodus wird vermuthlich bei vielen Ascidien derselbe wie bei einer grossen Anzahl von Cölenteraten sein. Die Eiweissverdauung wird bei den von mir untersuchten Arten vorzugsweise mittelst der Enzyme erfolgen, welche die Beute mit sich führt, und so werden wir uns vor einem Factum befinden, welches als eine Degradationserscheinung nicht verständlich zu machen ist.

So entwickelt sich erst ganz allmählich die Darmverdauung, eine der wichtigsten Functionen für die Existenz der höhern Thiere. Bei den niedern Formen ist das Körpergewebe gleichmässiger mit Enzymen imprägnirt, erst bei den höhern Typen wird die Enzymproduction in ausgiebigerem Grade dem Verdauungsgeschäfte nutz-

Digitized by Google

bar gemacht. Ein und dasselbe Organ bildet bei den höher organisirten Evertebraten alle für den Verdauungsact erforderlichen Enzyme, und soviel wir wissen, besorgen nur in einigen Classen der Arthropoden anatomisch verschiedene Drüsenorgane die Enzymproduction im Interesse der Darmverdauung.

Wirkung der Evertebratenenzyme auf rohes Fibrin bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten.

(Wurde in der Lösung gleichfalls gekochtes Fibrin verdaut, so ist dieses durch den vom Kreuze oben rechts stehenden Stern angedeutet. Fehlt der Stern, so gelang mir die Verdauung des gekochten Fibrins in unzweifelhafter Weise nicht).

	2 % Soda	Neutraler wässriger Auszug	0.1–0.2 % HCl	Essigsäure			Milchsäure			Weinsäure			Oxalsäure			Diastase
				0.5 %	1–2 %	4 %	0.5 %	1 %	4 %	0.5 %	1 %	4 %	0.5 %	1 %	4 %	
Aethalium septicum	0	0	+*	+*	+*	+*	+*	+*	+*	+	+*	+*	+*	+*	0	0
Suberites domuncula	0	0	+	+	+	+	+	+	schw.	+	+	+	+	.	0	0
Chondrosia reniformis	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	schwach	0	0	+
Hircinia variabilis	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
Anthea viridis (Glycerinextract der Septen des cölenterischen Raumes)	0	0	+	.	0	.	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0
Anthea viridis (Glycerinextract der Tentakeln)	0	0	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
Anthea viridis (Glycerinextract der Geschlechtsdrüsen)	[illegible]	+	0	.	.	[illegible]	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
Alcyonium palmatum	0	0	0	.	0	0	0	0	0	.	0	.	0	.	.	0
Ciona canina (Glycerinextract des gesammten Verdauungstractus)	+	+	0	[illegible]	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Phallusia mentula (Glycerinextract des gesammten Verdauungstractus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.	0	.	0	.	0	Spu.
Cynthia microcosmus (Glycerinextract d. gesammten Verdauungstractus)	0	0	0	.	0	.	.	0	0	.	0	0	.	0	.	—
Holothuria tubulosa (Darmglycerinextract)	0	0	0	0	0	0	0	0	.	0	0	.	0	.	.	
Holothuria tubulosa (Glycerinextract des Gefässgeflechtes)	0	0	+	+	+	+	+	[illegible]	+	+	+	+	schwach	.	0	0

Digitized by Google

	2 % Soda.	Neutraler wässeriger Auszug	0.1—0.2 % HCl.	Essigsäure			Milchsäure			Weinsäure			Oxalsäure			Diastase
				0.5 %	1—2 %	4 %	0.5 %	1 %	4 %	0.5 %	1 %	4 %	0.5 %	1 %	4 %	
Cucumaria Planci (Leberglycerinauszug)	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	+	+	+	0	.	+
Toxopneustes lividus (Darmglycerinextract)	+	+	+	schwach	+	+	.	+	+	.	.	.	.	.	0	+
Toxopneustes brevispinosus (Darmglycerinextr.)	+	.	+	.	+	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	+
Astropecten aurantiacus (Leberglycerinextract)	+*	+*	+	schwach	+	+	+	+	+	+	+	+	+	schw.	0	+
Astropecten aurantiacus (Glycerinauszug der *Tiedemann*'schen Körperchen)	0	0	+	.	+	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	+
Astropecten aurantiacus (Darmglycerinextract)	0	0	+	schwach	+	.	+	+	+	+	+	+	.	.	0	0
Asteracanthion glacialis (Leberglycerinextr.)	+*	+*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	schw.	0	+
Aeolidier (Glycerinextract der Papillen)	0	.	+	.	+	.	.	+	+	.	.	+	.	.	.	0
Siphonostoma diplochaïtos (Verdauungssaft)	+*	+*	0	schwach	.	0	+	+	0	+	.	0	.	.	.	+
Hermione hystrix (Verdauungssaft)	+*	+*	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Aphrodite aculeata (Verdauungssaft)	+*	+*	0	.	sehr gering	.	+	.	.	.	.	.	schwach	.	.	+

Die in dieser Arbeit niedergelegten Untersuchungen lassen sich in folgenden Sätzen kurz zusammenfassen:

1) Selbst bei sehr wenig organisirten Wesen (Myxomyceten und Poriferen) finden sich verdauende Enzyme, eine functionelle Bedeutung derselben ist aber nicht nachgewiesen.

2) Das peptische Enzym ist bei den niedern Thieren viel verbreiteter im Vorkommen als das tryptische, und nur bei den Würmern und Arthropoden scheint nach den vorliegenden Untersuchungen das letztere constanter als das erstere zu sein.

3) Der Annahme von **enzymatischen Verdauungssecreten** bei den Cölenteraten fehlt jeder experimentelle Anhalt. Meine Ergebnisse deuten auf die Abwesenheit einer irgendwie bedeutenden enzymatischen Secretproduction hin.

Digitized by Google

4) Die Verdauungsvorgänge der von mir untersuchten Ascidien sind unvollkommener als die mancher Echinodermen und nähern sich mehr den Verhältnissen bei den Acalephen.

5) Die Enzymbildung ist bei vielen Echinodermen nicht vollständig localisirt. Es ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass bei ihnen die resorbirten Stoffe noch extraintestinal enzymatisch verändert werden.

6) Die *Tiedemann*'schen Körperchen von Astropecten aurantiacus sind enzym- (Pepsin und Diastase) bildende Organe und können den pepsinbildenden Drüsen im Wasser- und Blutgefässgeflecht der Holothuria tubulosa analogisirt werden.

7) Die Asteridenlebern sind vollkommen analog den Lebern der Arthropoden und Mollusken. Keine Analogie besteht zwischen diesen Organen und den Wasserlungen oder den *Cuvier*schen Organen der Holothurien. Den Asteridenlebern analoge Gebilde sind von mir bei Cucumaria Planci nachgewiesen, und functionell gleichwerthige Drüsen finden sich auch im Darme von Toxopneustes lividus und brevispinosus.

8) Bei Würmern, Arthropoden und Mollusken ist, soweit meine Untersuchungen reichen, die Production eiweissverdauender Enzyme vollständiger als bei den Cölenteraten und Echinodermen localisirt und der Darmverdauung dienstbar gemacht.

9) Das tryptische Enzym der Würmer (Aphrodite, Hermione, Siphonostoma, Arenicola, Lumbriciden), von mir Isotrypsin genannt, unterscheidet sich von dem Trypsin der Vertebraten, Arthropoden und Mollusken und ist vielleicht mit dem der Asteriden identisch.

10) Die Leberblasen der Aphroditen, die Verzweigungen der cölenterischen Räume der Cölenteraten und die Canales hepato-intestinales der Aeolidier dürfen zur Zeit nicht für functionell gleichwerthig gelten.

Digitized by Google

11) Bei Aphrodite aculeata werden die Verdauungssäfte von Drüsenzellen in den Leberblasen gebildet, nicht von Zotten des Oesophagus.

12) Bei keinem Wirbellosen ist ein dem Magen der Vertebraten functionell vergleichbarer Darmabschnitt nachgewiesen; stets wurden kropfartige Darmerweiterungen als Mägen bezeichnet.

Digitized by Google

Nachtrag zu den Untersuchungen über die Ernährungsvorgänge bei Cölenteraten und Echinodermen.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

Bereits 1851 berichtete *H. Hollard*[1]), dass die schleimige Masse, welche constant die Wandungen des cölenterischen Raumes bei den Actinien befeuchtet, weder während der Verdauung noch bei leerem Organe die geringste Andeutung einer sauren oder alkalischen Reaction erkennen lasse. Seine Versuche wurden später von *G. H. Lewes*[2]) an Anthea cereus und crassicornis und von *Couch*[3]) an Actinien wiederholt und seine Ergebnisse bestätigt. Auch haben bereits *Lewes* und *Couch* unabhängig und übereinstimmend gefunden, dass kleine Stückchen von Fischfleisch in dem cölenterischen Raume der Actinien nicht verdaut werden. Das Gewicht der Fleischstückchen vor und nach dem Verweilen im Thiere wurde von *Couch* genau bestimmt; den gefundenen Gewichtsverlust bezieht er auf ein Auspressen der im Fleische vorhandenen Flüssigkeit und weist die Annahme einer Verdauung bei den Actinien zurück. Von *Lewes* ist auch der bekannte *Réaumur*'sche Versuch, zwar, wie es die Umstände be-

---

[1]) *H. Hollard*, Monographie anatomique du genre Actinia. Ann. des sciences nat. 1851. 3e Série. T. XV. S. 276.

H. Hollard, Études zoologiques sur le genre Actinia. Rev. et Mag. de Zoologie. 1854. 2e Série. T. VI. S. 286.

[2]) *G. H. Lewes*, Naturstudien am Seestrande. Uebersetzt von *J. Frese*. Berlin. 1859. S. 198 ff.

[3]) *Couch*, ibid. S. 208.

Digitized by Google

dingten, in etwas modificirter Form, an den Actinien ausgeführt. Um sich nämlich von der Gegenwart einer auflösenden Flüssigkeit in dem Darme dieser Thiere zu überzeugen, füllte er Fleischstückchen in eine beiderseits offene, etwa $^1/_2$ Zoll lange Federspule, welche er ausserdem noch mit sechs breiten seitlichen Einschnitten versehen hatte, und brachte diese den Thieren bei. Er bemerkte bei einer Spule, wo das Fleisch an beiden Enden ein wenig hervorsah, eine Aufweichung an den hervorstehenden Ecken des Fleischstückchens, welche einer Verdauung glich; allein unter dem Mikroskope fand er die Muskelfasern nicht im mindesten zersetzt, und die Querstreifen der einzelnen Fasern genau so in ihrer Lage wie an jeder andern Stelle, sodass die Aufweichung sich als eine rein mechanische erwies. Diese schönen Untersuchungen sind in den folgenden zwanzig Jahren kaum wiederholt, nicht vervollständigt. Es schien mir nöthig, sie mit einer homogeneren, leichter verdaulichen Substanz als es der Muskel ist, anzustellen, und durch eine zu diesem Zwecke unternommene Reise nach Helgoland ist es mir möglich gewesen, diese Untersuchungen mit dem leicht verdaulichen Fibrin theilweise zu wiederholen und zu erweitern[1]).

Wird der Actinia mesembryanthemum eine Flocke rohen Fibrins in den vorderen Abschnitt des cölenterischen Raumes („Magenraum" der Autoren) gebracht, so verweilt sie oft nur kurze Zeit an diesem Platze; die Tentakeln, die Contractionen der Körperwand befördern sie weiter in das Innere des Thieres. Sie bleibt zusammengeballt, bisweilen viele Stunden in dem tiefer gelegenen Nahrungsbehälter liegen, und eine Anstrengung des

[1]) Meine Untersuchungen waren bereits abgeschlossen, die in dieser Abhandlung niedergelegten Resultate bereits gewonnen, als Herr Professor Dr. *Hilgendorf* mich bei unserm Zusammentreffen auf Helgoland auf die erwähnten älteren Arbeiten aufmerksam machte. Um so erwünschter dürften desshalb meine Bestätigungen jener Angaben sein, da die Ergebnisse meiner Beobachtungen durch sie in keiner Weise beeinflusst wurden.

Digitized by Google

Thieres, den Fibrinpfropf, mag dieser in dem vorderen oder in dem hinteren Theile des Darmrohres sich befinden, auszustossen, wird anfangs nicht bemerkt, obgleich der Tentakelkranz sich wieder geöffnet hat, und jede Andeutung eines Unbehagens fehlt. Am folgenden, mitunter auch erst am dritten Tage findet man, dass der Fibrinpfropf ausgestossen ist. Dieser zeigt sich immer so gut wie unverändert, an den Rändern zwar meist ein wenig aufgequollen, und nur ein eigenthümlicher, sehr schwach ätzender Geschmack des eben ausgestossenen Ballens verräth, dass ihm ein Secret beigemischt wurde, welches aber auch an sehr empfindlichem, blauem oder rothem Lackmuspapiere keine Farbenveränderung hervorruft. Nahm ich das Fibrin nach längerem Verweilen (12—24 Stunden) in dem Darmrohre aus den Actinien heraus und verrieb mehrere dieser Flocken mit Glycerin, so konnte ich (nach etwa 14 tägiger Extraction) mit diesem Auszuge weder eine Wirkung in 0.1 procentiger HCl-, noch in 2 procentiger Sodalösung auf rohes Fibrin bei 38° C. nach zweitägiger Einwirkung erzielen, und auch eine diastatische Wirkung auf gekochte Stärke bei gleicher Temperatur und zweistündiger Digestion fehlte diesem Auszuge. Ohne tief greifende Verletzungen liess sich das Fibrin nicht länger als zwei Tage in dem cölenterischen Raume der Actinien aufbewahren; denn es wurde nach $^1/_2$—2 Tagen, wie auch *Couch* mittheilt, regelmässig ausgeworfen. Ich verzichtete desshalb darauf, weitere Modificationen der Versuche an dieser Species vorzunehmen; ich war gleich den erwähnten Experimentatoren hinreichend überzeugt, dass die ausgehungerten Actinien kein Mittel unversucht gelassen hatten, sich diese eiweissreiche Kost anzueignen. Bei Exemplaren, welche zu diesen Versuchen vorher noch nicht verwandt waren, genügte es schon, die Fibrinflocke an die Tentakeln zu legen, von welchen sie dann in den Nahrungsraum hinuntergeschoben wurde. Fast nie gelang mir aber diese Fütterungsmethode mehrere Male bei

Digitized by Google

ein und demselben Thiere; es schien jetzt Erfahrungen über die Unverdaulichkeit des Futters gesammelt zu haben.

In dem cölenterischen Raume der von mir in dieser Hinsicht untersuchten Medusen (Chrysaora hyoscella, Cyanea capillata, Aurelia aurita, Rhizostomum Cuvieri und einer andren der Chrysaora ähnlichen, mir nicht sicher bekannten Art) ist die Veränderung, welche das eingeführte rohe Fibrin erfährt, die gleiche wie bei den Actinien. Durch täglichen Wechsel des Meerwassers konnte ich die schönen, grossen Exemplare dieser Medusen, welche mir der Schiffer *Hilmar Luehrs* verschafft hatte, in unveränderter Lebensenergie acht Tage und länger in kleinen Holzbottichen erhalten und so die Thatsache feststellen, dass binnen fünf Tagen eine etwa zolllange Fibrinflocke in dem sog. Magen- oder Gastrovascularraum bei keiner dieser Arten eine Andeutung von eingetretener Verdauung erkennen lässt. Die Ränder der Flocke waren stellenweise ein wenig aufgequollen, wie es rohes Fibrin unter verschiedenen Umständen bisweilen thut; aber weder war an den herausgenommenen Flocken eine deutliche Alkalescenz oder Säuerung mittelst Lackmuspapier zu constatiren, noch besass der Glycerinauszug derselben eine Wirkung auf rohes Fibrin in 1 pCt. Milchsäure, 0.1 pCt. Salzsäure oder in 2 pCt. Sodalösung.

Um nichts unversucht zu lassen, bemühte ich mich auch durch Injectionen von Substanzen, welche die Secretproduction erfahrungsgemäss wenigstens bei höhern Thierformen anregen oder verstärken, auf die Zellen der Darmwand bei den Medusen zu wirken. Ich injicirte mit Hülfe der *Pravaz*'schen Spritze einer Cyanea capillata 0.9 mgr. Pilocarpin, welches mir das physiologische Institut bereitwilligst zu diesem Zwecke nach Helgoland mitgegeben hatte, einer Chrysaora die dreifache Menge dieser Substanz, einer andern 0.36 gr. eines concentrirten alkoholischen Auszuges (Chavicin- und Piperin-haltig) von schwar-

Digitized by Google

zen Pfefferkörnern und einer dritten 14 mgr. Sublimat. Einen sichtlichen Erfolg der Pilocarpininjection konnte ich weder in einer Veränderung der Contractionen an der Subumbrella, noch in einer Einwirkung auf das im cölenterischen Raume befindliche Fibrin bemerken, so dass auch diese Bemühungen keinen Anhaltspunct für eine Production von enzymatischen Verdauungssecreten lieferten. Ueber die Erscheinungen, welche nach den Injectionen von Sublimat und Pfefferharz eintraten, werde ich an andrer Stelle ausführlicher berichten; hier sei nur bemerkt, dass ihre Wirkung sich an dem Fibrin ebensowenig wie die des Pilocarpins offenbarte. Auch stark gepfeffertes Fibrin wurde in den Nahrungsräumen keiner Medusenart (Aurelia, Chrysaora und Verwandte, Rhizostomum) in vier Tagen enzymatisch verändert.

Meine früheren Untersuchungen hatten ergeben, dass bei einigen Cölenteraten das Körpergewebe deutlich nachweisbare Mengen von Pepsin enthält; ich bin bisher den Nachweis schuldig geblieben, ob dieses im lebenden Thiere wirkungsfähig werden kann oder nicht. Versuche hatten bei Aethalium septicum ein negatives Ergebniss zur Folge gehabt, und nur mit geringen Erwartungen unternahm ich desshalb diesen entsprechende Versuche bei den Cölenteraten.

Ich bediente mich zu diesen Versuchen etwa 2—3 Zoll langer Fibrinflocken, welche ich 4—5 Tage vorher vom Schlachthause frisch erhalten und, sogleich in reinstes Glycerin gelegt, nach Helgoland mitgenommen hatte. Diese zog ich mittelst einer Nadel dicht unter der Epidermis oder den tiefer liegenden Schichten durch die Actinien hindurch und trennte die so operirten Thiere von den übrigen. Wohl 20—30 Actinien wurden in dieser Weise hergerichtet, und das Resultat, welches mit grosser Constanz eintrat, war für mich ein überraschendes. Im Verlauf von 8 bis 14 Stunden war das Stück des Fibrinfadens, welches mit dem Körpergewebe der Actinien sich in Berührung befunden hatte,

Digitized by Google

regelmässig verschwunden, und die Section lehrte, dass es auch resorbirt war, denn nichts war davon in der künstlich geschaffenen Rinne wahrzunehmen. Die beiden aus dem Körper hervorstehenden Enden der Flocke befanden sich im Wasser.

Bei Cyanea capillata und einer andern mir nicht bekannten Meduse bedurfte es zur Auflösung des in Richtung der Hauptaxe des Thiers durch die Scheibe hindurchgezogenen Fibrinfadens ungefähr der gleichen Zeit[1]), während ich bei Chrysaora hyoscella keine so sichere Resultate erzielen konnte. In der Nähe der Randtentakeln durch die Scheibe gezogenes Fibrin wurde bei Chrysaora nach drei Tragen überhaupt nicht sichtlich verändert. Auch bei Lucernaria auricula zog ich Fibrin-

[1]) In auffallender Uebereinstimmung mit der von mir gemachten Zeitangabe über den Eintritt der Fibrinverdauung im Gewebe der Actinien und Medusen befindet sich eine Mittheilung von *Fritz Müller* (die Magenfäden der Quallen. Z. f. wiss. Zool. Bd. IX. 1858. S. 542). Er sah, dass ein Stück vom Hintertheile eines Alpheus und Muskeln aus einer Krabbenscheere, welche er mit den, einer lebenden Tamoya hoplonema entnommenen „Magenfädengruppen" bedeckt und mit ein wenig reinem Seewasser übergossen hatte, in 10—12 Stunden vollständig resp. fast ganz zu einer trüben Flüssigkeit gelöst waren, während entsprechende Stücke der Krebstheile in reinem Seewasser sich während dieser Zeit nicht merklich verändert zeigten. Hierdurch glaubt er den Beweis für eine Production von Verdauungssecreten in den „Magenfäden" geliefert zu haben. Ich möchte dagegen geltend machen, dass eine tryptische Wirkung, wie sie bei dieser Versuchsanordnung zur Verdauung des Muskels erforderlich ist, schon an sich bei den Medusen mir bedenklich erscheint, da ich mich an einer ziemlich grossen Anzahl von Arten überzeugen konnte, dass das Körpergewebe der Medusen regelmässig nur ein peptisch wirkendes Enzym enthielt. Würde sich bei Tamoya in der That Trypsin nachweisen lassen, so wäre das unzweifelhaft ein Ausnahmefall, der eingehender untersucht werden müsste. Für die Annahme eines hinreichend sauren peptisch wirkenden Secretes müssten aber nicht weniger stringente Beweise beigebracht werden, weil dessen Existenz nicht weniger merkwürdig wäre. Vorausgesetzt, dass *Fritz Müller's* Versuchsresultat nicht die Folge von eingetretener Fäulniss oder einer Beimischung von Arthropodensecreten ist, kann es nur meine Versuche, nach denen Zellen des Körpergewebes selbst eine verdauende Fähigkeit besitzen, bestätigen und nicht die Existenz von Verdauungssecreten bei dieser Medusenart beweisen.

Digitized by Google

fäden derart durch den Körper hindurch, dass ein Theil des Fibrins in den cölenterischen Raum hineinragte. Bei diesen Versuchen bemerkte ich aber an keiner Stelle des Fibrinfadens trotz mehrtägigen Verweilens an diesen Plätzen eine Veränderung, und dasselbe muss ich von den entsprechenden Versuchsreihen an Alcyonium digitatum berichten, sei es dass die Fibrinfäden, um das Fibrin mit dem Körpergewebe von möglichst vielen Einzelpolypen in Contact zu bringen, dicht an der Aussenfläche des Polypenstammes hingeführt oder durch diesen in senkrechter Richtung hindurchgezogen wurden.

Zur Prüfung des Körpergewebes auf Enzyme bediente ich mich meist der Glycerinauszüge[1]); von Cyanea capillata und Actinia mesembryanthemum conservirte ich zu diesem Zwecke ausserdem noch mehrere Körpertheile in Alkohol. Diese Versuche wurden, wie alle früheren, im hiesigen physiologischen Institute ausgeführt. Es wurde dabei eine constante Temperatur von 38—40° C. eingehalten. Die Versuche durch gekochte Proben controlirt, führten zu folgenden Ergebnissen: Die Glycerinextracte der weichern Partieen des Medusenkörpers (Mundtentakeln, Magenstiel, Subumbrella) von Chrysaora, Cyanea und Aurelia verdauten in (selbst mit Salicylsäure versetzter) 0.2procentiger HCl, 1—2procentiger Milchsäure und in Weinsäurelösungen verschiedener Concentration rohes, kein gekochtes Fibrin, innerhalb 2—6 Stunden unter Bildung von Peptonen, deren Gegenwart im Dialysate der verdauten Masse durch Natronlauge und Kupfervitriol in bekannter Weise nachgewiesen wurde. In Lösungen dieser organischen Säuren von $\frac{1}{2}$ pCt. tritt die Wirkung immer erst viel später ein als in solchen von 1 pCt. Dieses Verhalten deutet schon auf den Mangel an tryptisch wirkenden

[1]) Die Gewebe wurden sorgfältig an der Aussenseite erst mit Brunnenwasser, dann mit destillirtem Wasser abgewaschen und darauf mit dem Glycerin verrieben.

Digitized by Google

Enzymen hin, deren vollkommene Abwesenheit durch die Unwirksamkeit der Glycerinextracte und der wässerigen Auszüge der erwähnten Alkohol-Conserven selbst rohem Fibrin gegenüber in 2procentiger Sodalösung oder neutraler Flüssigkeit im Körpergewebe dieser Medusenarten verbürgt wird. Die dialysirten Glycerin- resp. die angeführten wässerigen Auszüge keiner Medusenart liessen eine diastatische Wirkung auf gekochte Stärke nach zweistündiger Digestion bei 38° C. erkennen; Stärkekleister, mit den nicht der Dialyse unterworfenen Auszügen versetzt, lieferte bei Cyanea und Aurelia dasselbe negative Resultat, und nur bei Chrysaora könnten sich Spuren von Diastase finden.

In gleicher Weise wurde der Pepsingehalt im Körpergewebe von Actinia mesembryanthemum festgestellt. Ich bediente mich hier der Tentakeln und der mehr äusserlich gelegenen, resistenteren Gewebstheile zur Untersuchung, während ich die Gebilde drüsiger Natur möglichst vollständig entfernte und nicht näher untersuchte. Es wirken die Glycerinauszüge wie die von den Medusen; die Rapidität der Wirkung war ebenfalls ziemlich die gleiche und auch in Salicylsäure-haltiger 0.2procentiger HCl war die Verdauung des rohen Fibrins in wenigen Stunden vollendet. Eine tryptische und diastatische Wirkung fehlte auch hier.

Aehnlich verhielten sich die durch Verreiben der ganzen Thiere mit Glycerin erhaltenen Extracte von Tubularia coronata, Lucernaria auricula und von den aus dem Stamme von Alcyonium digitatum herausgedrückten Einzelpolypen. Bei allen diesen Cölenteraten sah ich eine Wirkung auf rohes oder gekochtes Fibrin bei neutraler oder alkalischer (1—2 pCt. Soda) Reaction nach Tagen nicht eintreten, und von Diastase könnten nur bei Tubularia geringe Mengen vorhanden sein, wenn schon auch hier die dialysirten Extracte kaum eine diastatische Wirkung auf gekochte Stärke erkennen liessen. Ein peptisches Enzym wird sich bei allen diesen Formen finden; es war

Digitized by Google

bei Tubularia an seiner nach 6—8 Stunden eintretenden, fibrinverdauenden Wirkung in 0.2procentiger mit Salicylsäure versetzter HCl deutlich nachweisbar. Bei Alcyonium trat in reiner 0.2-procentiger HCl eine Fibrinverdauung nach etwa sechs Stunden ebenfalls ein, blieb aber bei Salicylsäurezusatz aus, und der Glycerinauszug von Lucernaria wirkte erst nach etwa 10—14 Stunden in reiner 0.2procentiger HCl auf rohes Fibrin verdauend ein. Peptone hatten sich bei allen diesen Verdauungsversuchen gebildet.

Das Pepsin scheint demnach wirklich im Körpergewebe wenigstens einiger Cölenteraten (Actinia, Cyanea) wirkungsfähig werden zu können. Wie die nöthige Säure entsteht, ob diese in ausgiebigerem Masse überhaupt gebildet wird, darüber werden nur Injectionsversuche mit empfindlichen Farbstofflösungen entscheiden können. So grobe Versuche, wie ich sie mit Reagenspapieren bereits angestellt habe, und welche resultatlos bleiben, sind für die Entscheidung dieser Fragen bedeutungslos. Nur daran möchte ich erinnern, dass nach *J. von Rustizky*'s interessanter Beobachtung[1]) auch die Osteoklasten sauer reagiren, und es dürfte demnach nicht ganz unwahrscheinlich sein, dass eine saure Reaction auch einige Zellen im Körpergewebe der Cölenteraten auszeichnet.

Dass die nachgewiesene Verdauung des Fibrins in dem Körpergewebe von Cyanea, Actinia etc. nicht durch einen hypothetischen Darmsaft, dessen Nichtexistenz zur Genüge bewiesen sein dürfte, hervorgerufen wird, ergibt sich daraus, dass, wenn ich bei Actinia die Fäden ganz dicht unter der äussern Körperdecke, wohin nie Inhaltsmassen des cölenterischen Raumes bei meinen Versuchen gelangen konnten, hindurchführte, auch in diesen Fällen das Fibrin regelmässig aufgelöst wurde. Ich

[1]) *J. v. Rustizky*, Unters. über Knochenresorption und Riesenzellen. Virchow's Archiv, Bd. LIX., 1874. S. 223.

Digitized by Google

bin auf Grund meiner Ergebnisse von der Existenz einer Verdauung im Körpergewebe einiger Cölenteraten nicht weniger überzeugt als von der Abwesenheit enzymatischer Verdauungssecrete in den sog. Magen- und Gastrovascularräumen dieser Thiere. In wie weit jedoch diese Vorgänge im Körpergewebe selbst differenzirt und localisirt sind, darüber geben meine Untersuchungen selbstverständlich keinen Aufschluss.

Vielleicht könnten die der entodermalen Zellenlage direct anliegenden Stellen des Fibrins, was die von *Lewes* und mir beobachtete theilweise Quellung der Flocken andeutet, eine wirkliche Verdauung durch die Entodermzellen als solche erfahren. Eine Gewissheit ist über diesen Punkt schwer zu erlangen; früher mitgetheilte Versuche, bei denen ich möglichst rein den Zellenbelag des cölenterischen Raumes bei Actinia präparirte und mit negativem Erfolg auf ein peptisches und tryptisches Enzym prüfte, machen mir eine enzymatische Verdauung des Fibrins an den Berührungsflächen mit der Entodermis bei Actinia unwahrscheinlich.

In vollkommener Uebereinstimmung mit den Ergebnissen sämmtlicher Forscher, welche sich ihre Ansichten über die Ernährungsvorgänge der Cölenteraten nicht nach dem blossen Augenschein bildeten oder durch die beobachtete Verdauung einer reich enzymhaltigen Kost in den cölenterischen Räumen über den Verdauungsmodus entscheiden zu können glaubten, lehren meine Versuche, ausgeführt an Vertretern der verschiedensten Classen des Cölenteratentypus, dass eine Verdauung in dem Darme dieser Thiere mittelst enzymatischer Secrete nicht existirt. Alle die zahlreichen Angaben über die Verdauung von Krebsen, Muscheln und Fischen in den cölenterischen Räumen der Zoophyten, welche die Existenz von verdauenden Secreten darthun sollten, beweisen nur die Richtigkeit der mir von Prof. *Kühne* ausgesprochenen Vermuthung, dass die Cölenteraten vorzugsweise auf die En-

Digitized by Google

zyme ihrer Beute angewiesen sind, und dass nur mittelst dieser eine enzymatische Verdauung in den cölenterischen Räumen möglich ist. Der Organismus der Cölenteraten kennt nur eine Ernährung per resorptionem; er ist nicht befähigt, durch einen Verdauungssaft sich die enzymfreie, feste Kost selbst resorptionsfähig zu machen.

Im Anschluss an meine frühern Mittheilungen über die Ernährung bei den Ascidien sei bemerkt, dass mir mittelst des Glycerinauszuges der Nachweis eines peptischen (Wirkungslosigkeit auf rohes Fibrin in 0.2 pCt. HCl, 1 pCt. Milchsäure, 2 pCt. Essigsäure) und tryptischen (Wirkungslosigkeit in 2procentiger Sodalösung) Enzymes im Körpergewebe von Amarœcium aureum nicht gelang. Die Thiere mussten ihrer Kleinheit wegen in toto mit Glycerin verrieben werden, und das Dialysat dieses Extractes äusserte während zwei Stunden nur eine geringe diastatische Wirkung auf gekochte Stärke. Durch die Stöcke hindurchgezogene Fibrinfäden erfuhren nach 4—6 Tagen keine enzymatische Veränderung.

Das Glycerinextract des Darmes[1]) von Echinus esculentus verhält sich ähnlich wie das von den untersuchten Toxopneustesarten. Es verdaute rohes Fibrin im Laufe von etwa 4—6 Stunden in 2procentiger Sodalösung; in 0.2procentiger HCl, 2procentiger Weinsäure, wie 1procentiger Milchsäure wurde rohes Fibrin gleichfalls in wenigen Stunden verdaut. Der Verdauungssaft von fast neutraler, jedenfalls nicht saurer Reaction zeigte dasselbe Verhalten, nur in ausgeprägterem Grade. Schon nach 1—2 Stunden war in 0.1—0.2procentiger HCl und in thymo-

[1]) Nach *Valentin* (l'Anatomie du genre Échinus. Neuchâtel, 1842. 4e Livraison des Monographies d'Échinodermes. Tab. VII, Fig. 126, 131 und 133) besitzen die Darmwandungen von Echinus ein ähnliches inneres, aus Leberzellen gebildetes Epithelium wie die Darmwände der Lumbricinen.

Digitized by Google

lisirter 1—2procentiger Sodalösung rohes Fibrin von ihm verdaut. Das dialysirte Glycerinextract enthielt Diastase.

Ebenfalls ergaben die Untersuchungen von Solaster papposus nichts, was von den Verhältnissen bei Astropecten aurantiacus und Asteracanthion glacialis abwiche. Der Glycerinauszug der Lebern erwies sich sehr reich an dem bekannten trypsinähnlichen Enzyme, welches in etwa zwei Stunden rohes Fibrin ohne Bildung des durch die Bromwasserreaction gekennzeichneten Körpers verdaut, dessen Wirksamkeit durch Thymol nicht inhibirt wird, und welches auch verhältnissmässig rasch gekochtes Fibrin unter Bildung von Peptonen in lösliche Substanzen überführt. Reich ist das dialysirte Extract an Diastase, und auch ein peptisches Enzym befindet sich in ihm; diese Enzyme verhalten sich in ihren Eigenschaften vollkommen identisch mit denen, welche ich aus den Lebern von Astropecten und Asteracanthion beschrieben habe. Es ist bisher nicht näher untersucht, ob in die Lebergänge der Asteriden Speisebrei gelangt (wie z. B. *Bronn*[1]) vermuthete) oder nicht, ob das Verhalten bei den Asteriden mehr dem Verdauungsmodus der Aeolidier oder dem der Aphroditiden gleicht; ich behalte mir vor, durch Fütterungsversuche auch diese Frage demnächst ihrer Entscheidung näher zu führen.

[1]) *Bronn*, Classen und Ordnungen des Thierreichs. Bd. II, 1860. S. 330.

Digitized by Google

Notizen zur Anatomie und Physiologie der Netzhaut.

Macula lutea und Fovea centralis.

Neue Gelegenheit *Horner*'s Bemerkungen über das Aussehen der Fovea centralis in situ zu bestätigen, gewährten mir zwei am 5. Nov. aus bewährter Quelle, der ich abermals zu grossem Danke verpflichtet bin, empfangene Augen eines 51jährigen gelähmten Blödsinnigen. Derselbe war am 4. Nov. Mittags im verdunkelten Zimmer gestorben und die Section hatte Erscheinungen tertiärer Lues mit diffuser Hirnsclerose ergeben. Die Augen waren am Tageslichte exstirpirt, aber mit geringstem Zeitverluste in ein schwarzes Glas und in Eis verpackt worden. Als ich sie erhielt, war die Cornea von normaler Durchsichtigkeit.

Eins der Augen vor Natronlicht eröffnet, zeigte die Retina faltenlos, sehr leicht vom Epithel, vom Glaskörper dagegen nicht trennbar, am gewöhnlichen Lichte rosa, mit der bekannten gegen den Aequator zunehmenden Färbung und einer äusserst intensiv grünlichgelben Macula, worin die Fovea ein sehr kleines, farbloses Pünktchen bildete; die Stäbchen und Zapfen waren überall vollkommen erhalten und frei von Epithelpigment.

Das andere am Tageslichte untersuchte Auge sah leuchtend roth aus, wenn man es mit der gesäuberten Sclera gegen das Licht gewendet durch die Cornea betrachtete. Wie die Iris von ungewöhnlich heller, wasserblauer Farbe war, so enthielten das Retinaepithel und die Chorioïdes sehr wenig dunkles Pigment und einzelne Stellen des Hintergrundes waren so hell, dass man im eröffneten Auge das leichte Rosa des noch erhaltenen Stäbchenpurpurs deutlich davor bemerken konnte. Selbst an den dunkleren Stellen machte sich der feine von Sehpurpur gefärbte Schleier geltend, denn es war gar nicht schwer, zwei aus der vorderen Hälfte des ersten, im gelben Lichte präparirten Auges geschnittene Stücke, denen die Retina noch fest anlag, nach gehöriger Belichtung des einen zu unterscheiden, indem man dessen helle nussbraune Farbe mit der mehr chocoladeähnlichen des dunkel gehaltenen verglich.

In dem in Salzwasser liegenden Augengrunde war trotz der Bedeckung durch den auch hier unlösbar mit der Netzhaut verbundenen Glaskörper die Gegend des gelben Fleckes sofort zu erkennen und die Fovea centralis mit grösster Deutlichkeit sichtbar. Die erstere wurde durch stärker braune Pigmentirung bezeichnet, worin die Fovea als ein noch dunkleres, intensiv rothbraunes Pünktchen auffiel. Da sich die stärkere Pigmentirung hinter

Digitized by Google

der Retina nicht ganz so weit in der Richtung zur Papille erstreckte, als das Gelb der Macula, so war es ausserdem möglich, in dieser Gegend etwas von der letzteren charakteristischen Farbe in situ zu erkennen. Nachdem einige competente Beobachter dem Befunde zugestimmt und wir uns überzeugt hatten, dass das ungeschwächte Licht der Mittagssonne nichts an der Erscheinung änderte, hob ich die Netzhaut bis zum Papillenansatze von der Unterlage empor; man sah darauf die ganze Macula lutea in der flottirenden Membran mit gelber Farbe hervortreten und die Fovea, je nachdem Licht durchfallen konnte oder mittelst der dunkeln Hohlschale des Auges abgehalten wurde, dunkel oder hell zum Vorschein kommen. Wiederholt gelang es hierauf die Netzhaut so vollkommen an ihren ursprünglichen Platz zurücksinken zu lassen, dass alle Theile der Macula, mit Ausnahme der erwähnten, sogleich als gelb erkannten Stelle, nicht mehr gelb, sondern braun erschienen und die Fovea so dunkelrothbraun, wie ursprünglich. Als die Retina später von der Papille abgeschnitten, gänzlich herausgenommen worden, erwies sie sich unversehrt und in der Fovea continuirlich mit kaum veränderten Zapfen besetzt.

In dem von der Netzhaut befreiten Augengrunde blieb der dem gelben Flecke entsprechende Ort noch durch stärkere braune Pigmentirung kenntlich, aber es war darin kein kleineres, etwa noch tiefer gefärbtes Pünktchen, das der Fovea entsprochen hätte, zu bemerken, und als ich das Epithel nach zweitägigem Liegen des Präparates in *Müller*'scher Flüssigkeit in Gestalt eines gut zusammenhängenden, fast die ganze Unterlage der Macula darstellenden Plättchens von der Chorioïdes abhob, fand ich darin den Ort der Fovea wohl durch die nach einem entsprechenden Punkte hin immer kleiner werdenden Epithelzellen, aber nicht durch zunehmendes oder tiefer gefärbtes Pigment bezeichnet. Sämmtliche, selbst die kleinsten Epithelzellen zeigten einen centralen, vom Kerne herrührenden hellen Fleck. Die von dem retinalen Epithel vollkommen befreite Chorioïdea erwies sich überall ausserordentlich schwach oder kaum pigmentirt; doch blieb auch an dieser die Gegend der Macula als ein diffuses etwas dunkleres Fleckchen kenntlich, in welchem ein noch dunkleres centrales Pünktchen wiederum nicht zu entdecken war.

Nach diesen Beobachtungen beruht die Unsichtbarkeit der Maculafarbe in situ nur auf der ungünstigen Lage des durchsichtigen gelben Farbstoffs vor dem dunkeln Hintergrunde, denn wo der letztere weisslich genug ist, kommt das Gelb auch in der noch durchsichtigen, faltenlosen Netzhaut und vor dem Abheben zum Vorschein, während es im Uebrigen nach Belieben verschwindet, wenn sich dieselbe ungetrübte Retina wieder innig an das Pigmentlager schmiegt. So lange nicht nachgewiesen ist, dass eine aus dem lebenswarmen Auge schleunigst hervorgehobene Netzhaut der gelben Farbe im Umkreise der Fovea entbehrt, fehlt jeder Grund, den Farbstoff für ein cadaveröses Zersetzungsproduct zu halten und man wird sich inzwischen um so mehr dabei beruhigen dürfen, als kürzlich *Ewald* (vergl.

Digitized by Google

Bd. II, S. 241) ein entoptisches Bild von gelber Farbe entdeckte, das den Fixirpunkt einnahm. Der Fovea centralis endlich kommt weder ein eigener Farbstoff zu, noch beruht die dunkle Färbung, in welcher sie in situ erscheint, auf stärkerer Pigmentirung ihrer Unterlage; das natürliche Aussehen der Fovea ist also wesentlich bedingt durch die grösste Durchsichtigkeit dieser Netzhautstelle, und kann daher in der Leiche nicht durch Lichtwirkung in der Zapfenschicht, sondern nur durch solche Vorgänge verändert werden. welche die Retina trüben oder vom Epithel trennen.

Netzhautpigmente der Raubvögel.

Milvus regalis. Eine Gabelweihe 8 Tage im Freien im mit Glas gedeckten Käfige, zuletzt vor dem Tode im Dunkeln gehalten, zeigte eigenthümlich violettbraune Retina, deren Farbe am Tageslichte schnell etwas abnahm, jedoch nur in blasseres, an der Sonne noch bräunlich bleibendes Chamois überging. Bei der mikroskopischen Untersuchung war an den Stäbchen Färbung nicht mehr mit Sicherheit zu constatiren, entweder weil dieselbe überhaupt zu schwach war oder wegen der Nachbarschaft ausserordentlich zahlreicher Zapfen mit sehr intensiv gefärbten Kugeln. Fast überall und besonders in einem bedeutenden Flächenraume um das Centrum des Augengrundes fiel dieser Reichthum an Zapfen auf; die Kugeln waren purpurn bis rubinroth, orange, gelbgrün und grasgrün, nirgends farblos, an der Peripherie beträchtlich grösser, als in den viel schmäleren Zapfen der centralen Bezirke. Anscheinend farblose, in sehr geringer Menge vorhandene, zugleich besonders kleine Zapfenkugeln zeigten genauer oder mehr isolirt in zerzupften Objecten betrachtet noch schwache aber unverkennbar grüne Färbung, und ebenso untersucht liessen die mir bisher bei anderen Vögeln nicht vorgekommenen gesättigt grünen Kugeln keinen Zweifel über die Existenz eines eigenen, rein grünen Farbstoffs in dieser Netzhaut. Die ziemlich langen und kräftigen Stäbchen fand ich an der Peripherie anscheinend ohne Regel zwischen den Zapfen stehend, dann in Kränzen, ähnlich wie beim Menschen um einzelne, hier um Gruppen der bunten Zapfen angeordnet, nächst dem Centrum wieder regellos und ganz im Centrum, wie mir schien, nicht mehr auftretend. Einzelne mit Pigmentepithel behaftete Stellen der Netzhaut glatt gegen ein gestütztes Deckglas ausgebreitet zeigten die Zellmosaik von grösster Regelmässigkeit, aber durch dieselbe nur Stäbchen, nirgends Zapfen durchschimmernd, so dass trotz des ziemlich hellen Bildes keine Spur des unvergleichlich farbenprächtigen Anblickes, welchen diese Netzhaut nach Entfernung des Epithels gewährt, wahrzunehmen war. Die Epithelien enthielten keine Fettkugeln und keine anderen Pigmente, als die bekannten tiefbraunen, kleinen Nadeln; ebenso fehlten myelinartige, in Galle lösliche Einlagerungen in den farblosen Hüten, deren Inhalt im Uebrigen glänzend und streifig aussah.

Digitized by Google

In der Erwartung die Retina der Weihe der des Falken etwa ähnlich zu finden, hatte ich das Thier genau 30 Minuten vor der Untersuchung ins Dunkle gebracht, um eine der Proben, die ich mir zur Feststellung der Regenerationszeit des Sehpurpurs bei den Vögeln vorgenommen, auszuführen. Wenn der Befund daher noch Zweifel an der Existenz des Sehpurpurs lässt, insofern die Stäbchenfarbe noch nicht vollständig wieder hergestellt sein konnte, so ist dies um so mehr zu bedauern, als andernfalls bei diesem Raubvogel eine Netzhaut aufgefunden wäre, deren Sehzellen ohne Ausnahme Färbung besitzen. Lichtempfindlichkeit war an den Zapfenkugeln (mit Einschluss der grünen) in 2 Tagen bei trübem Wetter nicht zu bemerken.

Heteroaëtos melanoleucus, junger Aguya von Valparaiso, im zoologischen Garten zu Hamburg zufällig schwer beschädigt, dort im Dunkeln getödtet und mit lichtdicht verbundenem Kopfe versendet. Das Auge dieses Adlers gleicht in der Gestalt dem der Gabelweihe, ist jedoch platter; die Retina, vor Natronlicht präparirt ist beinahe farblos, zeigt nirgends Spuren von Sehpurpur, vorwiegend Stäbchen von beträchtlicher Dicke und mässiger Länge, sämmtlich deutlich quergestreift oder im Plättchenzerfalle begriffen, die spärlichen Zapfen mit rubinrothen, brandrothen, orange, gelben und sehr blass bläulichgrünen Kugeln versehen, worunter die letzteren die kleinsten sind. Das Epithel enthält keine Fettkugeln und nur schwarzbraunes Pigment. Die Retina haftet fest am Glaskörper.

Nyctaëtos lacteus aus Afrika, durch dieselbe Veranlassung, wie der vorige von Dr. *Bolau* mir gütigst zur Verfügung gestellt, ein seit 12 Jahren im Hamburger Garten gehaltenes Prachtexemplar. Das Auge hat den trichterförmigen Bau, den Knochenring, die halbkugelige Cornea des Eulenauges und dunkelbraune Iris. Die fest mit dem Glaskörper verbundene Retina ist im Centrum völlig farblos, dabei weisslich opak, am Rande hingegen so tief purpurn, wie ich sie noch bei keinem Thiere gesehen, wie mit dickem Kirschsafte bestrichen, aber weniger violet als bei andern Eulen. Die Farbe verging in mässiger Nachmittagsbeleuchtung (9. Nov. 3 Uhr) ziemlich langsam, aber vollständig unter Uebergang durch Rosa, Chamois und bald schwindendes Gelb. Ueberall fanden sich vorwiegend Stäbchen von derselben beträchtlichen Länge, etwa wie bei unsern einheimischen Eulen, aber von mindestens doppelter Dicke, sehr wenige Zapfen und in diesen ausschliesslich äusserst blasse, kaum bemerkbar grünlichblau gefärbte Kugeln. Das Epithel enthielt ausser reichlichem braunem Nadelpigment farblose Kugeln vom Glanze des Fettes, die sich in Alkohol-Aether, nicht in Galle, lösten. Das eigenthümlich opake Aussehen der Netzhaut fand ich bedingt durch massenhafte markhaltige, varicöse Nervenfasern in den vorderen Schichten.

Nach dem ganzen Befunde ist kaum zu bezweifeln, dass die Netzhaut nach längerem Dunkelaufenthalte, als dem wahrscheinlich gewährten[1]), überall

---

[1]) Die Thiere waren, wie mir später mitgetheilt wurde, nur 10 Min. im Dunkeln gewesen.

Digitized by Google

so purpurn geworden wäre, wie an der im Allgemeinen besser vor Licht geschützten Peripherie und dass die dort zur Beobachtung gekommene intensivere Färbung noch nicht einmal die Sättigung der Stäbchen mit unzersetztem Sehpurpur, namentlich nicht den vermuthlich tief violetten Zustand dargestellt habe, welcher dem von Sehgelb freien Purpur dieses Thieres entsprechen würde. Im Dunkelauge dieses Nachtvogels dürfte die Farbe der Retina etwa der des Heidelbeersaftes gleichkommen.

Strix flammea. L. todt, aber noch warm in der Dämmerung erhalten, bis zum andern Morgen im Dunkeln kalt conservirt. Die Netzhaut wird schon matschig und vom Glaskörper leicht trennbar gefunden, von violetter Farbe, mit sehr langen, feinen Stäbchen, mässig reichlichen und, wie es scheint, im Centrum am weitesten von einander entfernten Zapfen, deren Kugeln eben bemerkbar gelblichgrün erscheinen. Auffallender Weise verwandelte sich der Sehpurpur am Tageslichte nicht in Gelb, sondern in eine braunröthliche Burgunderfarbe, welche sehr langsam und ohne Durchgang zu andern, namentlich keiner gelben Nuance, allmälich vollkommen schwand. Da ich die Erscheinung auch am mikroskopischen Objecte, wo sich viele Stäbchen zu stärkeren Klumpen zusammengeballt hatten, verfolgen konnte und sie an Stellen sah, die ganz frei von Epithelpigmenten waren, so sind Täuschungen durch diese ausgeschlossen und deutet die Beobachtung auf eine chemische Verschiedenheit dieses Sehpurpurs von dem der übrigen Eulenarten.

Das Epithel enthielt ausser dem braunen Pigmente im hinteren Theile der Zellen massenhaft abgelagert, orangefarbene eckige Pigmentkörnchen, an wenigen Stellen auch tiefgelbe Fetttropfen. Alkohol verwandelte einen Theil der Körnchen in orangefarbene, etwas größere Kugeln, während Aether diese und sämmtliche amorphen Farbekörnchen auflöste.

Bubo virginianus. Gmel., aus Maracaïbo, älteres Exemplar, seit dem 27. Nov. im Hellen gehalten, in der Frühdämmerung am 1. Dec. nach plötzlich eingetretener Kälte todt gefunden, darauf sogleich ins Dunkle gebracht. Das grosse Auge, mit hellgelber Iris, liefert die Retina am Glaskörper haftend, von prachtvoller, tief purpurbrauner Farbe, welche am Lichte schnell in chamoisbraun, gelb und schiefergrau übergeht. Die mikroskopische Untersuchung zeigt zwischen den ausserordentlich langen und dünnen rosenrothen Stäbchen überall feine, ungewöhnlich lange Nadeln des braunen Epithelpigmentes, so dass die Zapfen erst nach dem Zerfasern oder durch Druck auf das Object sichtbar werden. Die Zahl der letzteren ist sehr gering und es zeigen die an der Wurzel ihrer Aussenglieder gelegenen, auffallend kleinen Kugeln nur sehr schwache hellgelbe Färbung, andere einen kaum wahrnehmbaren grünlichblauen Schein. Das Retinaepithel erweist sich als sehr kleinzellig und führt ausser dem genannten schön krystallinischen, braunen, nur an wenigen Stellen etwas gelbes körniges Pigment.

Digitized by Google

Vorkommen der Sehleiste.

Bd. I, S. 79 berichtete ich, dass sich etwas dem tiefpurpurnen Horizontalstreifen der Kaninchennetzhaut Aehnliches in manchen Thieraugen angedeutet finde. Da die Sehleiste inzwischen morphologisches Interesse erregt hat (vergl. *L. Lœwe* Arch. f. mikr. Anat. XV. 4, S. 588 u. 589) werden die folgenden Notizen willkommen sein.

Die in Salzwasser herausgenommene Netzhaut des Ochsen erscheint in zwei Hälften ungleich intensiver Purpurfärbung geschieden, wovon die den Sehnerven einschliessende kleinere die hellere ist; eine scharfe Linie ohne Einbiegungen bildet weit nach vorne reichend die Grenze, welche dem zur Papille gewendeten Rande des glänzenden Tapetum genau zu entsprechen scheint. Tritt der Opticus oberhalb des hinteren Poles in den Bulbus, so ist die stärker gefärbte Retinahälfte die untere. In diesem Abschnitte nimmt der Purpur nach der Peripherie hin allmählich, aber sehr unbedeutend ab und in der Färbung der Stäbchenschicht ist keine weitere Andeutung zu bemerken, welche den übrigen weniger regelmässigen Grenzen zwischen dem irisirenden und dem schwarzen Grunde entspräche.

Nachdem mir mitgetheilt worden, dass der verstorbene Dr. *C. Sachs* die bis jetzt nur vom Kaninchenauge beschriebene Sehleiste später im Ochsenauge entdeckte, sah ich mir die Augen einiger etwa 1 Stunde vor dem Schlachten mit Augenbinden versehener Rinder wieder darauf an und fand, dass man an Alaunpräparaten an der erwähnten Grenze auch einen tiefer purpurnen Streifen sehen kann, der sowohl nach oben, wie nach unten, obschon in der letzten Richtung schwächer, so dass es an durchsichtigen, in Salzwasser flottirenden Netzhäuten nicht auffällt, sich abgrenzt. Besonders deutlich wird der Streif an Netzhäuten, welche faltenlos auf die convexe Seite eines Porzellanschälchens passender Größe, das unten emaillirt sein muss, angetrocknet sind und man sieht daran auch nach oben hin eine sehr schwache, wallartige Erhebung. Soweit die untere diffuse Grenze des Bandes es zuliess, mass ich die Breite des Streifens = 3 mm. Bei der Lichtbleiche erhielt sich derselbe erst lange als ein schmales, gelbes Band, nach dessen gänzlichem Erblassen nur die obere Grenze als schwache Erhebung grade noch kenntlich blieb, wenn man die Fläche spiegelnd am Lichte bewegte.

Im Auge des Schweins, das des glänzenden Tapetums bekanntlich entbehrt, vermochte ich keine eigentliche Sehleiste zu erkennen, obgleich zuzugeben ist, dass die obere Netzhauthälfte um ein sehr Geringes schwächer purpurn aussieht, als die untere. Häufig aber bemerkte ich in der sonst von der Sehleiste eingenommenen Zone einen sehr schwach bräunlichen, linearen Schatten, der von den zurückgebliebenen Fortsätzen des Pigmentepithels zwischen den Stäbchen herrührte und eine ähnliche, durch denselben Umstand bedingte, nicht so regelmässige und weniger continuirliche Zeichnung, welche der halbmondförmigen Figur eines unteren Tapetalrandes ganz entsprochen haben würde. Da es an Andeutungen über örtliche Verschiedenheiten des Retinaepithels und des Augengrundes solcher Augen, denen kein

Digitized by Google

besonderes glänzendes Tapetum mit pigmentfreiem Epithel zukommt, nicht fehlt, so wird das genannte Verhalten der Netzhaut des Schweines nicht beziehungslos sein.

Aehnlich wie beim Ochsen ist die Sehleiste des Hammels, sie reicht hier dem oberen Rande des bläulich schillernden Tapetums entsprechend, bis hart an die Papille, zeigt jedoch nach dieser Seite, wo die Netzhautfläche weniger intensiv gefärbt ist, als unter dem Horizonte, eine etwas diffuse Grenze. Das tiefer gefärbte, nach unten noch weniger scharf absetzende Band, an welchem keine leistenartige Verdickung zu erkennen war, hat mindestens die Breite des im Rindsauge gemessenen. An Alaunpräparaten erscheint der Purpur der Hammelnetzhaut intensiver, als beim Rinde und dem Schweine, von mehr violetter Nuance; ausserdem fiel das äusserst feste Haften des Glaskörpers auf, das vollkommene Entfernung von der Netzhaut und glattes Ausbreiten dieser auf convexer Unterlage unmöglich machte.

Die Retina des Hundes besitzt eine zwar feine, nur 1/2 mm breite, aber recht deutlich auftretende Sehleiste, deren beide Grenzen sich etwa gleich scharf gegen den überall fast gleichmässig purpurnen, nur nach oben unbedeutend helleren Netzhautgrund abheben. Das Band, an welchem ohne weitere Hilfsmittel keine Verdickung der Retina zu erkennen ist, verläuft genau vor der oberen Grenzlinie des silberglänzenden Tapetum, scheint aber, wie auch beim Ochsen und dem Hammel, weiter nach vorn zu reichen, als diese. Die untere Tapetalgrenze sah ich auf der an Blutgefässen mässig reichen Netzhaut nicht abgeprägt, als ich aber die Augen im Hellen gehaltener Hunde in Alaun härtete und deren im Leben entpurpurte Retinae herausnahm, fand ich das gesammte Tapetalepithel, soweit es pigmentfrei ist, in Gestalt eines gelblichen, von der Rückseite nicht glänzend erscheinenden Belages an der Stäbchenschicht haftend, so dass der entleerte Augengrund jetzt an Stelle des bekannten silberähnlichen Tapetums nur einen weit kleineren, diffusen und durchaus nicht irisirenden, hellen Fleck in der Chorioïdes aufwies. Von dem schwarzbraun pigmentirten Epithel war an der überall leicht abzuhebenden Netzhaut Nichts hängen geblieben.

Bei einer 2 Tage im Dunkeln gehaltenen jungen Katze fand ich die etwa 1/2 mm. breite Sehleiste dem oberen Rande des Tapetums, das hier mit einer Ausbuchtung die Papille einschliesst, nicht ganz entsprechend, unter der letzteren nach oben deutlich begrenzt, verlaufend und keine Unterschiede der allgemeinen Purpurfärbung in der oberen und unteren Fläche der Retina; dagegen war die Leiste in beiden Augen symmetrisch schläfenwärts erheblich schwächer gefärbt und weniger deutlich.

Sollten eingehendere Untersuchungen, die mir jetzt leider unmöglich sind, ergeben, dass der purpurreichere Streif im Auge nicht überall eine Verdickung der Netzhaut darstellt, so würde der Name Sehgürtel geeigneter sein, als der bisherige. *W. K.*

Zur Verdauung bei den Fischen.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

Die Ergebnisse früherer Untersuchungen[1]) über die Verdauungsvorgänge bei den Fischen lassen sich in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1) Die Verdauung der Eiweisskörper erfolgt durch Pepsin und Trypsin [beide Enzyme wohl identisch[2]) mit denen der Säuger], von welchen bald das eine, bald das andere fehlen kann.

2) Die Production dieser Enzyme besorgen Zellen der Darmwand und der Pylorialanhänge, die des Trypsins auch ein einheitliches oder diffuses Pankreas.

3) Findet sich eine Trypsin- und Pepsinbildung im Darmrohre vergesellschaftet, so liegt die trypsinbildende Zone anal-

[1]) Versuche zur vergleichenden Physiologie der Verdauung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Fischen. Unters. a. d. phys. Inst. d. Univ. Heidelberg. Band I. S. 327.

Vergl. physiolog. Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge. Ibid. Bd. II. S. 41.

[2]) Nach *Pouchet* und *Tourneux* (Éléments d'histologie) vermag der Magensaft der Fische das Chitin der Crustaceen zu lösen. Ich konnte mit den sehr wirksamen Magenglycerinextracten verschiedener Selachier keine Wirkung auf Chitinstückchen von entkalkten Astacuspanzern erzielen, und so werden vielleicht von Fischen verschluckte Krebse, welche ihren Panzer bei kurz vorher erfolgter Häutung verloren hatten, diese Autoren zu ihrer Annahme verleitet haben.

Digitized by Google

wärts von der pepsinbildenden. Bei einigen Fischen vereinigen sich beide an der Begrenzungsschicht, und so entsteht oralwärts von der Einmündungsstelle des Gallenganges ein secretorischer Bezirk ohne morphologische Gliederung, welcher Pepsin und Trypsin bildet.

4) Bei einigen Selachiern sind die pepsinbildenden Drüsen nicht nur auf den Magen im Vorkommen beschränkt, sondern auch der Anfangstheil des Mitteldarms enthält pepsinbildende Zellen.

5) Die secretorische Function der Darmmucosa ist selbst bei nahe verwandten Fischen oft eine sehr verschiedene.

6) Die Mundschleimhaut und das Hepatopankreas sind bei einigen Fischen Bildungsstätten der Diastase.

An diese Ergebnisse knüpfen sich mehrere Fragen, welche bisher unberührt blieben oder nicht experimentell entschieden werden konnten. Ich entschloss mich desshalb, meine früheren Untersuchungen wieder aufzunehmen, um mit sorgfältig präparirtem Materiale meine bereits mitgetheilten Versuche zu wiederholen und auf weitere Arten auszudehnen.

Die Methoden, welcher ich mich bediente, sind von mir wiederholt beschrieben, so dass darüber nur weniges gesagt zu werden braucht. Eine besondere Sorgfalt verwandte ich auf die Organpräparation; denn seitdem durch *Legouis* umfassende anatomische Studien die Dissemination des Pankreas bei den Fischen erkannt ist, ist die absolute Reinigung des Darmrohres von seinen scheinbar rein bindegewebigen Adhärenzen zur Nothwendigkeit geworden, und seitdem wir wissen, dass die Galle oft eine tryptische Wirkung äussert, durfte die gründliche und anhaltende Reinigung der Darmmucosa durch fliessendes Wasser selbst auf die Gefahr hin, beträchtliche Mengen der Schleimhaut fortzuspülen, nicht unterlassen werden. Ich erkenne gern an, dass bei manchen meiner Versuche, wenn sie mit reichlicherem Material

Digitized by Google

hätten ausgeführt werden können, Enzyme dort nachweisbar gewesen wären, wo ich sie vermisste. So deutet z. B. der rasche Eintritt der Selbstverdauung am Darme von Mullus barbatus auf die Gegenwart von Trypsin in den Darmcontenten hin, dessen Nachweis mir in keinem Organauszuge dieses Fisches sicher gelingen wollte; auch bin ich nicht im Stande gewesen, bei Petromyzon fluviatilis aus Leber, Darm und seinen sonstigen Anhängen eiweissverdauende Auszüge zu gewinnen. Obgleich ich diese Versuche später an den (wie im ersten Falle) einem lebenden Thiere entnommenen Organtheilen mit demselben negativen Erfolge wiederholen konnte, will ich keineswegs behaupten, dass eiweissverdauende Secrete den Cyclostomen fehlen, sondern nur darauf hingewiesen haben, dass es auch hier, besonders bei den kleinen Formen oft eines grösseren Untersuchungsmaterials bedarf, und ein einziges zur Untersuchung verwandtes Exemplar nicht immer genügend ist. Das rasche Absterben der Gewebe, der Mangel grösserer Darmwindungen, die Kleinheit der Objecte erlaubt bei den Fischen nicht, sich der Methoden zu bedienen, welche bessere Aufschlüsse über die Enzymbildung in den einzelnen Theilen des Digestionstractus liefern könnten. Mögen manche der gewonnenen Resultate demnach nur einen geringen Anhaltspunkt für das Verständniss der Verdauungsvorgänge bei den Fischen abgeben, so war es doch nützlich, überhaupt zu versuchen, was sich in dieser Weise erreichen lässt, und trotz der Unvollkommenheiten ist, wie ich glaube, einiges durch diese Untersuchungen gewonnen.

Die Versuche wurden wie früher bei 38 bis 40° C. ausgeführt, denn ich konnte mich an einer grossen Anzahl von Fischen der verschiedensten Familien überzeugen, dass ein Enzym, welches bei gewöhnlicher Temperatur (20° C.) rascher als bei 38 bis 40° C. auf rohes oder gekochtes Fibrin, auf die einzelne Fibrinflocke oder auf grössere Fibrinmengen verdauend einwirkt,

Digitized by Google

bei den Fischen nicht zu finden ist [1]). Ich habe vorgezogen, in dieser Arbeit von meinen zahlreichen Versuchen über die diastatische Wirkung der Organauszüge nur die zu berücksichtigen, welche ich sowohl in Triest mit den wässrigen Extracten [2]) wie in Heidelberg mit den, wenn es des zwar immer nur sehr geringen Zucker- oder Peptongehaltes wegen erforderlich war, dialysirten Glycerinauszügen vornehmen konnte, und welche in beiden Fällen die nämlichen Resultate lieferten. Das gilt in gleicher Weise für die zu besprechenden negativen wie für die positiven Befunde. Mit den gekochten Auszügen wurden die Controlversuche ausgeführt, welche sowohl die Versuche über die fibrinverdauenden als auch die über die diastatische Wirkung begleiteten. Trat bei den fibrinverdauenden Versuchen eine Wirkung erst nach 8 — 12 Stunden ein, oder blieb sie bei Salicylsäure- resp. Thymolzusatz aus, so ist dieses Verhalten durch die Bezeichnung „Spuren" in der zugehörigen Tabelle ausgedrückt. Alle mir zweifelhaft erscheinenden Ergebnisse sind im Texte wie in der Tabelle unberücksichtigt geblieben.

Bei einigen Fischen ist von mir die Gegenwart von Diastase

[1]) Aus früher (Unters. a. d. physiol. Inst. zu Heidelberg, Band II, S. 285) angegebenen Gründen sind die mit einzelnen Fibrinflocken im Reagensglase angestellten Verdauungsversuche sicherer als die mit grösseren Fibrinmengen. Die Versuche, welche ich vergleichsweise darüber mit den enzymatischen Auszügen bei den Fischen ausgeführt habe, lieferten stets die am wenigsten zweideutigen Resultate, wenn einzelne Fibrinflocken in langen Probirröhrchen der Verdauung unterworfen wurden. In der Mehrzahl der Fälle wurde desshalb die Versuchsanordnung ausschliesslich in dieser Weise vorgenommen.

[2]) Bei meinem ersten Aufenthalte am Meere war mir die Ausführung dieser Versuche wegen der Schwierigkeit, eine höhere constante Temperatur zu unterhalten, nicht möglich gewesen. Als ich bei meiner letzten Anwesenheit in Triest auf der k. zoologischen Station arbeitete, regulirte ich auf den Vorschlag von Herrn Geh. Rath Kühne die Temperatur des Wasserbades durch mehrere untergesetzte Nachtlichter, wodurch allen Anforderungen entsprochen werden konnte.

Digitized by Google

in der Mundschleimhaut nachgewiesen, und es musste mir besonders darum zu thun sein, die Zahl dieser Befunde durch Untersuchungen an anderen Fischen vermehrt zu sehen. Leider konnte ich nur Lophius piscatorius in dieser Beziehung untersuchen. Auch bei ihm fand ich in der sorgfältig gewaschenen Mundschleimhaut sehr reichlich Diastase[1]). Der wässrige Auszug derselben mit gekochter Stärke versetzt und bei 38° C. digerirt, erwies sich schon, als er nach ½ Stunde geprüft wurde, zuckerhaltig, während der mit dem gekochten Auszuge nebenhergehende Controlversuch keinen Zuckergehalt durch die *Trommer*'sche Probe erkennen liess. Auch das dialysirte Glycerinextract der Lophiusmundschleimhaut besass diastatische Wirkung, während in der gekochten und im übrigen ganz gleich zubereiteten Probe nach zweistündiger Digestion kein Zucker nachweisbar war.

Die folgenden Ergebnisse über die Fibrinverdauung —, von denen bemerkt sei, dass sie, wenn auch nicht immer an lebendem, so doch stets an frischem Materiale gewonnen sind, — wurden theils mit den Glycerinextracten (besonders dann, wenn eine peptische Wirkung zu erwarten war), theils mit wohl conservirten Alkoholpräparaten (zur Feststellung einer tryptischen Eigenschaft) erhalten, falls nicht die Wirkung des wässrigen Organauszuges am Meere sofort geprüft wurde. Durch einen Salicylsäure- resp. Thymolgehalt des Verdauungsgemisches an 1 pro m. wurde der Fäulniss vorgebeugt. Die Tabelle am Schlusse dieser Abhandlung resumirt meine Versuche, welche hier den von mir früher

---

[1]) Es sei erwähnt, dass sich nach Meckel (System der vergleichenden Anatomie. Band IV, S. 214) eine kleine, länglich runde, gelappte Drüse bei Lophius piscatorius dicht unter der Haut hinten an der weiten Kiemenöffnung befindet, welche nach diesem Autor vielleicht um so mehr als Speicheldrüse erscheint, als die Kiemenhöhle dieses Fisches ein Behälter seiner Beute ist.

Digitized by Google

mitgetheilten Schemata eingeordnet und etwas näher erörtert werden sollen.

Die interessante Thatsache, dass bei einigen Fischen sich die trypsinbildende Zone noch über den Pylorustheil des Magens hinaus oralwärts fortsetzt, ist von mir ausser bei Zeus faber, welchen ich abermals daraufhin untersucht habe, bei Dentex vulgaris, Sargus Rondeletii, Trachinus draco, Scorpæna scrofa und Caranx trachurus nachgewiesen. Rein pepsinbildend finde ich den Vorderdarmabschnitt von Squatina angelus, Labrax lupus, Lophius piscatorius, Merluccius vulgaris, Sparus salpa, Oblata melanura, Umbrina cirrhosa, Mullus barbatus, Uranoscopus scaber, Trigla hirundo, Alausa finta, Chrysophys aurata, Motella tricirrhata, Gobius niger, Pagellus erythrinus und Bops vulgaris.

Aus den Appendices pyloricae konnte ich bei Acipenser Sturio, Motella tricirrhata, Lophius piscatorius Diastase, Pepsin und Trypsin durch Glycerin extrahiren, bei Trachinus draco, Scorpæna scrofa (wiederholt) und Zeus faber Pepsin und Trypsin. Der Inhalt der Pylorialanhänge reagirte bei Lophius piscatorius neutral. In den Appendices pyloricae von Umbrina cirrhosa, Uranoscopus scaber, Chrysophys aurata finde ich Pepsin, aber kein Trypsin; bei Dentex vulgaris enthielten sie Trypsin und Diastase, aber kein Pepsin, während sie bei Alausa finta und Trigla hirundo tryptisch, aber nicht peptisch oder diastatisch wirksame Extracte lieferten. In den Pylorialanhängen von Bops vulgaris wurde Trypsin gefunden, das Pepsin vermisst.

Obgleich diese Resultate mittelst der Auszüge von den aufgeschnittenen und gut gereinigten Blinddärmen gewonnen, ihre eiweissverdauenden Eigenschaften durch Salicylsäure- resp. Thymolzusatz nicht aufgehoben wurden, so sind diese Befunde an

Digitized by Google

sich, wie ich gern zugestehe, nicht beweiskräftig für eine Secretproduction in den Pylorialanhängen. Aber die z. B. bei den Selachiern wohl constatirte Thatsache, dass sich pepsinbildende Zellen auch intestinal vom Pylorus finden, die unzweifelhaft sichere Existenz einer Trypsinbildung in der Darmmucosa vieler Teleostier (z. B. bei Cyprinus carpio), die gleiche Wirkung der Extracte von den Pylorialanhängen verschiedener Individuen und ihre Uebereinstimmung mit den Ergebnissen, welche mittelst der Mitteldarmauszüge erhalten wurden, gestatten die Annahme, dass diese Befunde von dem wirklichen Thatbestande nicht erheblich abweichen.

An der Hand dieser Beobachtungen dürfte deshalb die Frage berechtigter als je erscheinen, welches der Nutzen dieser seltsamen Gebilde ist. Ersetzen sie wirklich functionell ein wohl entwickeltes Pankreas, dienen sie mehr der Resorption als der Secretion, sind es unfertige Drüsen, welche sich von der Darmwand nicht vollständig abgeschnürt haben, oder sind es vielleicht nur rudimentäre Gebilde, die letzten Anklänge an die z. B. für die Verdauungsvorgänge bei den Orthopteren so bedeutungsvollen Appendices ventriculares?

Erst nach Erörterung des Pankreasvorkommens bei den Fischen und der Enzymbildung in den Zellen der Mucosa des Mitteldarmes werde ich auf diesen Gegenstand näher eingehen können, doch die zweite der hier aufgeworfenen Fragen möchte ich vorher erledigt sehen.

Die Ansicht, nach welcher die Appendices pyloricae der Resorption dienen, wozu sie durch ihre Lage ganz besonders geeignet sein sollen, stützt sich auf den Nachweis eines Flimmerbesatzes, welchen die dem Schlauchlumen zu liegenden Zellen oft erkennen lassen. So interessant diese Angaben histologisch sein mögen, ebenso wenig sind sie in ihrer gegenwärtigen Fassung physiologisch verwerthbar. Um als Grundlage für Schlüsse

Digitized by Google

auf eine functionelle Bedeutung dienen zu können, muss vor allem der Nachweis erbracht sein, in welcher Richtung sich die Flimmern bewegen; ob die Flimmerung vorzugsweise nach innen oder nach aussen gerichtet ist. Ich habe versucht, darüber bei Scorpæna scrofa Gewissheit zu erlangen, indem ich feines Kohlenpulver auf die Innenfläche der den lebenden Fischen entnommenen und aufgeschnittenen Pylorialanhänge brachte. Ein sicheres Resultat konnte ich aber bei dieser Versuchsanordnung nicht erzielen. Ein Werth für die Resorption wird der Flimmerung in diesen Organen um so weniger beizumessen sein, als die Flimmerung gerade bei dem Fische, bei welchem ich enzymatische Secrete in den Pylorialanhängen vermisste (nämlich bei Perca fluviatilis), nach *L. Edinger* vollständig zu fehlen scheint. Im Uebrigen widerspricht dem Ausspruche desselben Autors: „Epithelzellen mit Flimmerbesatz wurden bislang noch nie aus einer Drüse des Verdauungstractus beschrieben", die Literatur; denn viele derartige Angaben sind gemacht. So bilden z. B. nach *Gegenbaur* (Untersuchungen über Pteropoden und Heteropoden. Leipzig 1855. S. 11) bei Creseis acicula mehrfache Zelllagen, von denen die innerste Cilien trägt, die Auskleidung des Blindsackes, welcher nach ihm und *Huxley* das Analogon der Leber ist, und ebenfalls glaubt *Gegenbaur* (ibid. S. 82) in einem Leberacinus von Pneumodermon Wimperbewegung beobachtet zu haben. Nach *Cheek* (*R. Wagner*'s Handwörterbuch der Physiologie. Band I. S. 492) flimmert die Innenfläche der Leberbläschen bei Arenicola piscatorum, nach *O. Schmidt* (Handbuch der vergl. Anatomie 6. Aufl. 1872 S. 221) wimpert „die secernirende Epithelialschicht" der Leber bei Cyclas cornea, und die Flimmerzellen in dem Leberblindsacke von Amphioxus lanceolatus waren schon *J. Müller* und *Retzius* bekannt. Sehr richtig bemerkt deshalb *L. Schmarda* (Zoologie. Band I. 1871. S. 36): „Flimmerepithelien fehlen an Theilen,

Digitized by Google

wo man sie vermuthen sollte und kommen an anderen vor, wo sie überflüssig erscheinen, oder schwingen in einer dem postulirten Zweck entgegengesetzten Richtung."

Das Mitteldarmrohr zeigt in der Classe der Fische nicht weniger functionelle Differenzen als die Appendices pyloricae. Im Allgemeinen ergibt sich aus meinen Versuchen, dass, falls sich aus den Pylorialanhängen Trypsin gewinnen lässt, dasselbe auch aus der Schleimhaut des Mitteldarmes zu erhalten ist. Die einzige bekannte Ausnahme von dieser Regel bildet Acipenser Sturio, dessen Pylorialdrüse ein trypsinbildendes Organ ist, während die Darmmucosa kein Trypsin enthält. Während der pepsinbildende Bezirk des Vorderdarmes in den Pylorialanhängen meist sein Ende findet, erreicht die trypsinbildende Zone des Mitteldarmes nicht immer die Appendices pyloricae (Sargus Rondeletii, Umbrina cirrhosa). Weniger abhängig erweist sich die Function der Darmschleimhaut von der Secretbildung in den vom Darmrohre separirten Drüsen (Leber, Hepatopankreas, Pankreas), welche desshalb auch erst später besprochen werden soll.

Trypsin, keine Diastase und kein Pepsin liess sich nach der *Kühne*'schen Selbstverdauungsmethode aus dem Mitteldarme von Umbrina cirrhosa, Sargus Rondeletii (zwar nur Spuren) und Pleuronectes platessa erhalten. Trypsin, aber kein Pepsin [1]) aus dem Mitteldarme von Lophius piscatorius, Dentex vulgaris, Scorpæna scrofa, Crenilabrus pavo (Spuren), Gobius jozo (Spuren) und von Gobius niger. Aus dem Mitteldarme von Trachinus draco, Alausa finta und Motella tricirrhata erhielt ich ebenfalls tryptisch wirksame Auszüge. Ohne diastatische und eiweissverdauende Wirkung erwies sich der Darm von Oblata melanura, Chrysophys aurata, Pagellus erythrinus, Sparus salpa und von

[1]) Untersuchungen auf eine diastatische Wirkung unterblieben hier.

Digitized by Google

Labrax lupus. Pepsin wie Trypsin fehlte im Mitteldarm von Uranoscopus scaber.

Die Uebereinstimmung in dem Enzymgehalte der Mitteldarmauszüge und der Auszüge von den Pylorialanhängen ist in Berücksichtigung der schwankenden Grenzen des pepsin- und trypsinbildenden Gebietes eine so vollständige, dass durch diese Untersuchungen der Beweis geliefert sein dürfte, dass die Schleimhaut der Appendices pyloricae nicht nur im feinern Bau, wie die mikroskopischen Studien besonders von *L. Edinger* lehren, sondern auch in ihrer Function der Darmmucosa gleicht.

Durch den Nachweis einer tryptischen Wirkung des Leberauszuges bei Perca fluviatilis war von mir[1]) dargethan, dass ein Hepatopankreas nicht auf die Familie der Cypriniden im Vorkommen beschränkt ist. Die Erwartung, dass eine innige Durchdringung des Lebergewebes mit pankreatischen Drüsenzellen sich bei Fischen sehr verschiedener Familien finden möchte, hat sich bestätigt. So ist die Leber von Belone rostrata (Scomberesociden), Labrax lupus (Perciden), Crenilabrus pavo (Labriden), Dentex vulgaris (Pristipomatiden), Trigla hirundo (Trigliden), Sargus Rondeletii (Spariden), Gobius jozo und niger (Gobiiden) ein Hepatopankreas. Bei Labrax lupus, Dentex vulgaris, Gobius jozo und niger besitzt auch die Galle eine fibrinverdauende Wirkung bei alkalischer Reaction; Ausführungsgänge der im Lebergewebe eingesprengten Pankreasacini münden demnach bei diesen Arten in die Gallenblase oder in Gallengänge vor ihrem Eintritt in die Gallenblase.

Die auch von mir früher getheilte Ansicht, dass bei den Fischen Diastase nur im Hepatopankreas, nicht im reinen Lebergewebe sich finde, dass sie mit Trypsin vergesellschaftet an

---

[1]) Vergleichend physiolog. Beiträge etc. Unters. a. d. physiolog. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 42.

die pankreatischen Drüschen in diesem Vorkommen gebunden sei, beruht auf unvollständiger Induction. Es verhält sich, wie fortgesetzte Untersuchungen mich lehrten, das Lebergewebe der Fische nicht immer wie das der in dieser Hinsicht untersuchten Säuger. Die Leber der Fische kann sehr wohl ein Hepatopankreas sein, d. h. ein tryptisches Secret liefern, ohne zugleich Diastase zu bilden (Dentex vulgaris, Labrax lupus, Belone vulgaris), und andrerseits kann das Lebergewebe reichlich Diastase enthalten, aber frei von Trypsin sein (Pleuronectes platessa, Merluccius vulgaris, Chrysophys aurata, Uranoscopus scaber). In den Leberauszügen von Trachinus draco, Oblata melanura, Umbrina cirrhosa, Mullus barbatus, Scorpæna scrofa, Motella tricirrhata, Lophius piscatorius, Sparus salpa, Gobius niger und von Pagellus erythrinus gelang mir weder der Nachweis von Trypsin, noch von Diastase. Durch diese Untersuchungen muss ich den Beweis auch dafür geliefert erachten, dass das diastatische Enzym keineswegs ein allgemein constantes Product der Fischleber ist. Derselben Unabhängigkeit von einander im Vorkommen beider Enzyme begegneten wir bereits bei der Secretbildung in dem Darme und den Pylorialanhängen. So enthielt der Darm von Umbrina cirrhosa, Sargus Rondeletii (wenn auch nur Spuren) und von Pleuronectes platessa zwar Trypsin aber keine Diastase, und dasselbe liess sich feststellen für die Appendices pyloricae von Trigla hirundo und Alausa finta, während in den Pylorialanhängen von Dentex vulgaris, Motella tricirrhata und Lophius piscatorius sich beide Enzyme vergesellschaftet finden. Die Leberauszüge einiger Fische (Sargus Rondeletii, Trigla hirundo, Crenilabrus pavo, Gobius jozo) besassen sowohl eine tryptische wie diastatische Wirkung.

Treffend bemerkt *Claude Bernard*, dass die diastatische Wir-

Digitized by Google

kung nichts wesentliches für ein Pankreas ist; es werden sich noch weitere Beweise für die Richtigkeit dieser Auffassung beibringen lassen.

Vom Darmrohre und der Leber separirte, im Mesenterium eingebettete Pankreasdrüschen konnte ich durch die tryptische Wirkung der wässrigen Auszüge bei Trigla hirundo, Zeus faber, Crenilabrus pavo, Oblata melanura (geringe Wirksamkeit), Lophius piscatorius, Caranx trachurus und Sargus Rondeletii nachweisen, während die wässrigen Auszüge des Mesenteriums von Pleuronectes platessa, Motella tricirrhata und Alausa finta keine tryptische Wirkung auf rohes Fibrin bei 38—40° C. äusserten. Ich ziehe aus diesen negativen Befunden nicht den Schluss, dass den genannten Fischen das Pankreas fehle; denn weitere Untersuchungen an dem Pankreas der Selachier ergaben, dass bei diesen Fischen, wo eine ausgiebige Pepsinproduction im Vorderdarme stattfindet, das Pankreas erst im spätern Alter zu functioniren anfängt. So lässt sich wenigstens meines Erachtens nur die Thatsache deuten, dass die Auszüge des Pankreas von jungen Selachiern tryptisch unwirksam, die von alten Thieren hingegen sehr wirksam sich erweisen. Eine andre Deutung dieser Befunde scheint mir dadurch, dass einige der jungen Selachier (Rajiden, Squatina angelus) vivisecirt wurden, und trotzdem kein tryptischer Auszug erhalten werden konnte, ausgeschlossen zu sein. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass besonders bei den Fischen, welche sich in der Energie ihrer Pepsinproduction den Selachiern nähern, ähnliche Verhältnisse obwalten; dass die peptische Verdauung im Jugendzustande ausreicht, die aufgenommene Kost resorptionsfähig zu machen, dass erst im spätern Alter dem gesteigerten Nahrungsbedürfnisse durch eine der peptischen nachfolgende tryptische Verdauung weiter entsprochen wird. Beiläufig sei bemerkt, dass ich kürzlich auf Helgoland an lebenden Embryonen von

Digitized by Google

Acanthias vulgaris, welche ich dem Uterus entnahm, feststellen konnte, dass die Schleimhaut des Magens schon dann reichlich Pepsin enthält, wenn der Dottersack noch sehr voluminös ist, und es noch längerer Zeit bedarf, bevor die Embryonen ausgetragen sind. In 0.2procentiger mit Salicylsäure versetzter HCl verdaute das Glycerinextract der embryonalen Mägen sowohl rohes wie gekochtes Fibrin bei 40° C. in wenigen Minuten.

Bei Scyllium canicula, von dem mir mehrere sehr grosse Exemplare zur Verfügung standen, hat das Pankreas post mortem eine milchweisse Farbe, und der ihm dicht anliegende fleischrothe Drüsenwulst enthält kein Trypsin. Aus beiden Organen liessen sich diastatisch wirksame Auszüge nicht gewinnen. Das diastatische Enzym vermisste ich gleichfalls im Pankreas von Acanthias vulgaris; in der Pylorusdrüse von Acipenser Sturio war es aber in sehr wirksamer Menge vorhanden. Trypsin war weder in der Galle von Squatina angelus, Torpedo marmorata und Raja clavata, noch in dem wässrigen Leberauszuge dieser und andrer Selachier nachzuweisen.

In der Classe der Fische kann zwar die Säurebildung und die damit verbundene Pepsinproduction ausfallen, es kann auch das bei alkalischer und neutraler Reaction wirkungsfähige Enzym (Trypsin) fehlen, aber nie besitzt der Darminhalt bis zum After hin eine saure Reaction, sondern früher oder später wird er im Mitteldarme durch die Galle alkalisirt. Anders wird es z. B. bei einigen Mollusken sein.

Vollkommen unrichtig ist die Behauptung von *Rabuteau* und *Papillon* [1]), dass „der pankreatische Saft der Rochen, wie alle andern Flüssigkeiten dieser Thiere eine constante saure Beschaffenheit zeigt". Die Galle z. B. ist bei diesen Fischen stets

[1]) *Rabuteau* et *Papillon*, Observations sur quelques liquides de l'organisme des poissons, des crustacés et des céphalopodes. Compt. rend. LXXVII. 1873. p. 136.

Digitized by Google

alkalisch, und auch der Mitteldarminhalt besass bei zwei verschiedenen Raja arten, welche ich vivisecirен konnte, eine ausgeprägte alkalische Reaction. Ich werde bald Gelegenheit haben, das Pankreas der Rochen auf die angeblich saure Beschaffenheit nachzuuntersuchen.

Ueberblicken wir jetzt die an etwa 50 verschiedenen Fischarten gewonnenen Resultate, so bieten dieselben trotz ihrer Unvollkommenheit, welche schon durch die Schwierigkeiten der Untersuchung gegeben ist, wenigstens einen geringen Anhalt für eine einigermassen experimentell begründete Ansicht über die Function und den Werth der Pylorialanhänge.

Den Fischen, deren Magendrüsen reichlich Pepsin enthalten, und welche dieses Enzym in bedeutender Menge auch wohl secerniren werden (Selachier), sowie den Arten, bei welchen das Pankreas zur grössern Ausbildung gelangt ist (Cypriniden), fehlen im Allgemeinen die Appendices pyloricae [1]), oder sie sind bei ihnen nur schwach entwickelt (Lophius, Perca). Wie schon oft hervorgehoben wurde, besteht eine durchgreifende Abhängigkeit zwischen ihrer Ausbildung und der eines Pankreas, insofern sich beide im Vorkommen gegenseitig ausschliessen, aber nicht. Die Länge des Darmes scheint auf ihre Ausbildung keinen Einfluss zu haben, und ihre Function wie der histologische Bau weichen von denen des Mitteldarmes nicht wesentlich ab.

Nach diesen Ergebnissen wird den Pylorialanhängen eine grosse physiologische Bedeutung kaum zukommen. Ich glaube, dass ihr functioneller Werth nur darin zu suchen ist, dass ihr Secret den Speisebrei bei seinem Eintritte in den Darm gleitbarer und compacter macht (Perca), dass sie entsprechend ihrer Ausbildung und Secretionsenergie auch der enzymatischen Darmverdauung dienen und in Folge dessen, besonders bei den Fischen,

[1]) Eine Ausnahme macht Acipenser Sturio.

welchen ein Pankreas fehlt, eine weitere Verarbeitung des Darminhaltes bei alkalischer Reaction ermöglichen oder, da in diesen Fällen meist auch die Mucosa des Mitteldarmes selbst enzymatische Secrete liefert, durch ihre Secrete zur Ausgewinnung der Darmcontenta beitragen. Wie ich durch Fütterungsversuche mit Zinnober und Ultramarin gefärbter Kost bei Perca fluviatilis gezeigt habe[1]), ist der Abfluss des Chymus in dieselben nicht so bedeutend, dass man sie ausschliesslich als Resorptionsorgane auffassen kann.

Ein tieferer Einblick in die functionelle Bedeutung dieser Anhänge, eine nähere Beziehung zwischen ihrer Ausbildung und der der übrigen secretorischen Bezirke lässt sich nur aus eingehenden vergleichend physiologischen Untersuchungen gewinnen, welche sich nicht nur auf die Enzymsecretion, die Resorptionsvorgänge und das Nahrungsbedürfniss beschränken, sondern auch den allgemeinen Stoffumsatz bei den Fischen klar zu legen vermögen.

Die Verbreitung der Verdauungsenzyme in dem Darme und dessen Drüsen bei den Fischen.

Selachier.

Squalides.

	Vorderdarm			Appendices pyloricae			Mitteldarm [2])			Leber resp. Hepatopankreas		Pankreas	
	Diastase	Pepsin	Trypsin	Diastase	Pepsin	Trypsin	Diastase	Pepsin	Trypsin	Diastase	Trypsin	Diastase	Trypsin
Scyllium canicula	.	+	0	—	—	—	.	+	0	?	0	0	+
Mustelus vulgaris	.	+	0	—	—	—	.	+	0	?	0	.	+
Acanthias vulgaris	.	+	0	—	—	—	.	+	0	.	0	0	+
Squatina angelus (junges Explr.)	.	+	0	—	—	—	.	+	0	?	0	.	0

[1]) Versuche z. vergl. Physiologie der Verdauung etc. l. c. S. 340.

[2]) Als Mitteldarm bezeichne ich in Uebereinstimmung mit den meisten vergleichenden Anatomen den Darmabschnitt vom Pylorus bis zum Enddarme. Wird der Mitteldarm, was vergleichend physiologisch richtiger sein dürfte, erst von der

Digitized by Google

Rajides.

	Vorderdarm			Appendices pyloricae			Mitteldarm			Leber resp. Hepatopankreas		Pankreas	
	Diastase	Pepsin	Trypsin	Diastase	Pepsin	Trypsin	Diastase	Pepsin	Trypsin	Diastase	Trypsin	Diastase	Trypsin
Torpedo marmorata	.	+	0	—	—	—	.	+	0	.	0	.	+
Raja clavata	.	+	0	—	—	—	.	+	0	.	0	.	+
„ miraletus	.	+	0	—	—	—	.	+	0	.	0	.	+
„ Schultzii	.	+	0	—	—	—	.	.	0	.	0	.	.
Trygon pastinaca	.	+	0	—	—	—	.	+	0	.	0	.	+

Ganoiden.

Acipenser Sturio	0	+	0	+	+	+	.	+	0	?	0	.	0[1])

Teleostier.

Physostomi.

Anguilla anguilla	.	+	0	—	—	—	.	0	0	.	0	—	—
Conger vulgaris	.	+	0	—	—	—	.	0	0	.	0	—	—
Clupea sardina	.	+	0	.	0	+	.	.	.	.	.	.	.
Alausa finta	.	+	0	0	0	+	.	.	+	.	.	—	—
Esox lucius	.	+	0	—	—	—	.	0	0	.	0	—	—
Cyprinus carpio	0[2])	0	.	—	—	—	+	0	+	+	+	—	—
Tinca vulgaris	+	0	.	—	—	—	+	0[3])	+	+	+	—	—
Barbus fluviatilis	.	0	.	—	—	—	.	.	.	.	+	.	.
Leuciscus melanotus	.	+	0	—	—	—	.	.	.	+	+	.	.
Cobitis fossilis	.	Sp.	.	—	—	—	.	.	.	+	+	.	.

Anacanthini.

Merluccius vulgaris	.	+	0	.	.	.	.	.	+	0	.	.	.
Motella tricirrhata	.	+	0	+	+	.	.	+	0	0	.	—	—
Rhombus maximus	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	÷
Pleuronectes platessa	.	.	.	.	.	0	0	+	+	0	.	—	—
Belone vulgaris	.	.	.	—	—	—	.	.	.	0	+	.	+

Mündung der Gallengänge an gerechnet, so ist der Mitteldarm wenigstens vieler Selachier frei von pepsinbildenden Zellen, da diese nur auf den Anfangstheil desselben im Vorkommen beschränkt sind. Auch *Gegenbaur* (Bemerkungen über den Vorderdarm niederer Wirbelthiere. Morph. Jahrb. Bd. IV, Heft 2. 1878. S. 314—319) befürwortete jüngst, den Anfang des Mitteldarmes an die Mündung der Gallengänge zu verlegen.

[1]) Die S. 396 erörterten Verhältnisse bei den Selachiern nöthigen aber zu einer Nachuntersuchung an alten Thieren.

[2]) Als Versuchsobject diente nur ein kleines Exemplar, so dass es wünschenswerth ist, die Versuche an älteren Karpfen zu wiederholen.

[3]) Cf. Vergl. physiol. Beiträge etc. l. c. S. 10 Anm.

Digitized by Google

Acanthopteri.

	Vorderdarm			Appendices pyloricae			Mitteldarm			Leber resp. Hepatopankreas		Pankreas	
	Diastase	Pepsin	Trypsin	Diastase	Pepsin	Trypsin	Diastase	Pepsin	Trypsin	Diastase	Trypsin	Diastase	Trypsin
Crenilabrus pavo	.	0	.	.	.	.	.	0	Spur.	+	+	.	+
Perca fluviatilis	.	+	0	0	0	0	.	0	0	Spur.	+	.	+
Labrax lupus	.	+	0	.	.	.	0	0	0	0	+	.	.
Dentex vulgaris	.	+	+	.	0	+	.	0	+	0	+	.	.
Mullus barbatus	.	+	0	.	0	0	.	.	0	0	0	.	.
Bops vulgaris	.	+	0	.	0	+	.	.	.	.	.	.	.
Oblata melanura	.	+	0	.	0	0	0	0	0	0	0	.	Spur.
Sargus Rondeletii	.	+	+	0	0	0	0	0	Spur.	+	+	.	+
Pagellus erythrinus	.	+	0	.	.	.	0	0	0	0	0	.	.
Chrysophys aurata	.	+	0	.	.	.	0	0	0	+	0	.	.
Scorpaena scrofa	.	+	+	.	+	+	.	0	+	0	0	.	.
Trigla hirundo	.	+	0	0	0	+	.	.	.	Spur.	+	.	+
Uranoscopus scaber	.	+	0	.	+	0	.	0	0	+	0	.	.
Trachinus draco	.	+	+	.	+	+	.	.	+	0	0	.	.
Umbrina cirrhosa	.	+	0	.	+	0	0	0	+	0	0	.	.
Thynnus vulgaris	.	+	0	.	0	+	.	.	.	.	.	.	.
Zeus faber	.	+	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	+
Caranx trachurus	.	+	+	.	.	.	.	.	.	0	0	.	+
Gobius niger	.	+	0	—	—		.	0	+	0	+	.	.
Gobius jozo	.	.	.		—		.	0	Spur.	+	+	.	.
Cepola rubescens	.	+	0	.	0	+	.	.	.	.	.	.	.
Mugil cephalus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Lophius piscatorius	+	+	0	+	+	+	.	0	+	0	0	+	+

Digitized by Google

Ueber die Verdauungsvorgänge bei den Cephalopoden, Gastropoden und Lamellibranchiaten.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

Die Verdauungssecrete der Mollusken bieten meinen Untersuchungen gemäss viel Uebereinstimmendes mit denen der Arthropoden, wenn schon die eiweissverdauenden Enzyme bei beiden Typen nicht identisch sind. Bei den Arthropoden wie bei den Mollusken bildet die Leber resp. deren Analogon ein Secret, welches oft mehrere eiweissverdauende Enzyme und meist auch Diastase enthält. Während aber die über etwa zwanzig Species ausgedehnten Versuche bei den Arthropoden im Allgemeinen eine grössere Constanz des tryptischen Enzymes erkennen liessen, so deutete die zwar geringere Zahl von Beobachtungen bei den Mollusken auf eine grössere Constanz des peptischen hin. Spätere Untersuchungen, deren Ergebnisse ich schon früher[1]) theilweise mitgetheilt habe, konnten diese Anschauung nur befestigen, und die Mannigfaltigkeit des Beobachtungsmateriales, welches Cephalopoden, Gastropoden und Lamellibranchiaten, Salz-, Süsswasser- und Landformen umfasst, berechtigt jetzt dazu, diesen Satz als bewiesen anzusehen; zwar nicht in der Art, dass er die Existenz von Molluskenarten, welche ausschliesslich auf eine tryptische Verdauung der Eiweissstoffe angewiesen sind, in Abrede stellt, sondern indem er diese Fälle den übrigen, bei

[1]) Zur Verdauung bei den Krebsen. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 271.

Digitized by Google

welchen sich ein peptisches oder ein peptisches und tryptisches Enzym im Lebersecrete findet, gegenüber als Ausnahmen bezeichnet.

Ausser dem natürlichen Verdauungssafte benutzte ich zu meinen Versuchen die Glycerinauszüge der Lebern. Die Einwirkung auf das Fibrin erfolgte bei einer constanten Temperatur von 38—40° C., und die dialysirten Extracte dienten in mitgetheilter Weise[1]) zur Prüfung auf Diastase. Bei Thymol- resp. Salicylsäurezusatz wurden, wenn Vorversuche mit nicht so conservirten Proben eine Fibrinverdauung erkennen liessen, die Versuche ausgeführt, welche, durch Controlproben mit den gekochten und darauf abgekühlten enzymatischen Gemischen gestützt, nur in seltenen Fällen das Resultat der Vorprüfung modificirten. Die Verdauung der einzelnen Flocke im Reagensglase, welches etwa 15—25 gr. Flüssigkeit enthielt, erfolgte innerhalb 1—8 Stunden; trat eine Wirkung erst später ein, ohne dass jedoch Anzeichen von eingetretener Fäulniss vorhanden waren, oder blieb sie bei Salicylsäure — resp. Thymolzusatz aus, so ist dieses Verhalten in beigegebener Tabelle statt durch das übliche Kreuz durch die Bezeichnung schwach angedeutet, ohne dass ich damit diesen, zwar nur wenigen Fällen irgend eine Bedeutung beilege. Es bedürfen die in der Tabelle aufgeführten Daten kaum einer weitern Erläuterung und gestatten eine kürzere Auseinandersetzung meiner Versuche.

Troschel's Entdeckung der intensiv sauren Beschaffenheit des sog. Speichels von Dolium galea hat allgemein interessirt, und oft ist, seitdem man durch *Bœdeker* dessen quantitative Zusammensetzung erfuhr, der Wunsch rege geworden, über seine Function und organischen Bestandtheile Näheres in Erfahrung zu bringen. Das Vorkommen ähnlicher „acidogener Drüsen“ am Vorderdarme wurde später von *S. de Luca* und *P. Panceri* bei

---

[1]) Vergl. physiolog. Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge. Ibid. S. 15.

Digitized by Google

mehreren anderen Gastropoden gleichfalls nachgewiesen[1]); Bemerkenswerthes für die Aufklärung der Function dieses seltsamen Secretes wurde seitdem aber nicht geleistet. Mehr und mehr gewann der Vergleich mit dem sauren Lebersecrete vieler anderer Mollusken an Berechtigung, dessen Reaction durch die Entdeckung eines peptischen Enzymes in ihm verständlich wurde. Ich hielt mich für berechtigt, die Bezeichnung dieser acidogenen Drüsen bei Dolium, Cassidaria etc., als Speicheldrüsen abzuweisen, und, indem ich gleichfalls darauf verzichtete, nach einer Analogie bei den Vertebraten zu suchen, verglich ich sie functionell mit den säurebildenden Lebern anderer Mollusken. Wie weit dieser Vergleich begründet, ob er nur physiologisch oder auch morphologisch berechtigt, ob er ganz oder nur theilweise giltig ist, liess ich unerörtert; denn nur eingehendere Untersuchungen konnten darüber Belehrung geben.

Versuche in dieser Richtung unternommen führten mich nun zu so unerwarteten und neuen Thatsachen, dass es hier wohl am Platze ist, auf dieselben näher einzugehen. Durfte es schon als sicher gelten, dass auch bei den Mollusken die Enzymbildung ausschliesslich einer diffus oder compact entwickelten Leber zufällt, so war doch keineswegs die Möglichkeit ausgeschlossen, dass die für eine peptische Verdauung nothwendige Säureproduction von mehreren Organen besorgt wird, zumal bei verschiedenen Classen und Arten der Mollusken ausser der Leber noch andere Drüsen am Darme nachgewiesen waren, welche aus Unkenntniss der erst durch die vergleichend physiologische

[1]) *Troschel* fand im Darme von Dolium galea Tang mit verschiedenen, von Säure noch nicht angegriffenen Kalkresten und glaubte desshalb annehmen zu dürfen, dass das Secret der acidogenen Drüsen unter normalen Verhältnissen gar nicht in die tiefer gelegenen Abschnitte des Digestionstractus gelange, sondern als Vertheidigungsmittel anzusehen sei. Dieser Auffassung ist von *de Luca* und *Panceri* widersprochen, welche freie Schwefelsäure auch in den Darmampullen bei Dolium galea nachweisen konnten.

Digitized by Google

Forschung erschlossenen Verhältnisse meist als Pankreas gedeutet waren. Die nicht immer wahrnehmbare saure Reaction des Lebergewebes konnte diese Vermuthung an sich zwar nicht bekräftigen, da ich nach meinen und den Befunden anderer Autoren annehmen muss, dass die Säurebildung in den Lebern der Mollusken keine stetige[1]) ist.

Die unteren Pharynxdrüsen[2]) fand ich bei einer lebenden Eledone von fast neutraler, jedenfalls nicht saurer Reaction, und die Vorderdarmdrüsen von Helix pomatia reagirten alkalisch: es dienen diese Drüsen demnach unzweifelhaft einer ganz andern Function als die ähnlich gelagerten, acidogenen Drüsen von Dolium und Cassidaria. Wider Erwarten konnte ich aber eine constante saure Beschaffenheit an den Lebergangsdrüsen von Sepia officinalis und Eledone moschata nachweisen, an Drüsen, welche ich anfangs als reine Schleimdrüsen ansprechen zu müssen glaubte. Enzyme lassen sich, wie ich schon früher berichtete, und wovon ich mich später abermals überzeugte, aus diesen Drüsen ebensowenig wie aus dem sog. Pankreas von Doris tuberculata[3]) extrahiren, deren Lage auch dafür bürgt, dass ihr

[1]) Eine entschieden saure Beschaffenheit des Lebergewebes fand ich ausser bei einigen Pulmonaten constant nur bei Haliotis tuberculata.

[2]) *M. Dietl* (Ueber Speicheldrüsen der Eledone moschata. Sitzungsb. d. k. Ac. d. Wiss. in Wien. 1878, S. 58) berichtet, dass sich die obern und untern Pharynxdrüsen bei Eledone gegen Kupfersulfatlösung verschieden verhalten, und schliesst daraus, dass beide Drüsenpaare verschiedenen physiologischen Functionen obliegen. Ich finde *Dietl*'s Angaben bestätigt, und sein Schluss wird um so berechtigter erscheinen, als auch bei Insecten (Apis, Formica) die beiden Vorderdarmdrüsenpaare verschieden functioniren. Nach *P. Bert* (Mém. de la Soc. des sc. phys. et nat. de Bordeaux. I. V. 1857. p. 115) secerniren die Speicheldrüsen von Sepia officinalis eine saure Flüssigkeit, welche der Verdauung dienen soll.

[3]) *J. Alder* and *A. Hancock*, A Monograph of the British Nudibranchiate Mollusca. London. 1845. Pl. II, Fig. 1 i.

Digitized by Google

Secret der Darmverdauung dient. Es ist eine höchst interessante Thatsache, dass bei einigen Mollusken die Säurebildung in anatomisch verschiedenen Organen geschieht, während hingegen eine Differenzirung in anatomisch verschiedene enzymbildende Drüsen nicht sicher nachgewiesen werden konnte.

Mit grosser Spannung erwartete ich die Resultate, welche[1]) die Versuche über den Enzymgehalt der acidogenen Drüsen von Cassidaria echinophora liefern sollten. Musste ich mich, da mir Dolium galea nicht zur Verfügung stand, schon mit dieser kleinern Art begnügen, so durfte ich doch wohl annehmen, dass die Verhältnisse bei Dolium und den andern Arten in dieser Beziehung von denen bei Cassidaria nicht erheblich abweichen; denn das Secret der acidogenen Drüsen von Cassidaria ist kaum weniger sauer als das von Dolium, und die Drüsen besitzen eine beträchtliche Grösse. In kurzer Zeit hatte ich einen ziemlichen Vorrath dieser Schnecken zusammengebracht; ich präparirte sehr vorsichtig die Drüsen, ohne irgendwie das Darmrohr zu verletzen, aus ihren Behältern, presste aus einem Theile derselben das saure Secret heraus, während ich einen anderen Theil in Glycerin conservirte. Einen Theil des Presssaftes verdünnte ich mit ein wenig Wasser, filtrirte und brachte alsdann in die stark saure Flüssigkeit eine Flocke rohen Fibrins; dieselbe war nach 30 Stunden noch unverdaut, und es schien somit ein peptisches Enzym in diesem Secrete zu fehlen. Ganz dasselbe negative Ergebniss hatten die Versuche mit den wässrigen

[1]) Um Irrthümern vorzubeugen, sei erwähnt, dass bei Cassidaria jede einzelne des sog. Speicheldrüsenpaares in zwei Abtheilungen zerfällt, von denen *Troschel* die vordere als eigentliches Absonderungsorgan, die hintere als Secretbehälter auffasste. Eine genaue Trennung war bei Cassidaria schwer ausführbar und schien mir, da beide Abtheilungen gleich sauer reagirten, überdiess nutzlos zu sein, wesshalb beide Drüsentheile gemeinschaftlich verarbeitet wurden.

Digitized by Google

Extracten der Drüsen zur Folge, und auch Glycerin nahm nach dreiwöchentlicher Einwirkung aus den zerkleinerten Drüsen kein peptisches Enzym in sich auf. Wurde der Presssaft oder der wässrige Auszug der Drüsen durch Soda schwach alkalisirt, so zeigte er nach 24 Stunden keine verdauende Wirkung auf rohes Fibrin bei 40° C., und die Versuche mit dem Glycerinextracte lieferten ebenfalls keine Resultate, welche für die Gegenwart eines tryptischen Enzymes irgendwie sprechen könnten. Dass die Diastase in einem Secrete, dessen Gehalt an anorganischen Säuren einige Procente betragen soll, fehlt, stand zu erwarten, und der saure oder schwach alkalisirte Presssaft, sowie der schwach alkalisirte Glycerinauszug der Drüsen waren auch thatsächlich bei 40° C. auf gekochte Stärke nach zweistündiger Einwirkung vollständig unwirksam. Es lehren diese Versuche, dass die acidogenen Drüsen von Cassidaria keine Enzymdrüsen sind, dass sie mit den Lebern nur die Function der Säurebildung theilen und den acidogenen Drüsen am Gallengange der Cephalopoden vielleicht vollkommen analoge Bildungen darstellen. Auch ihr Secret könnte dazu beitragen, die aufgenommene Nahrung der peptischen Verdauung zugänglich zu machen; denn auch der Leberglycerinauszug von Cassidaria enthält nur ein peptisch die Eiweisssubstanzen veränderndes Enzym. Die Säurebildung ist bei den Mollusken etwas ganz Allgemeines; sie hat an sich nichts Auffallendes mehr. Wunderbar ist hier nur der Säurereichthum und die grosse Quantität des Secretes, deren Deutung durch einen Nutzen bei der Verdauung nicht geliefert wird. Am Vorderdarme von Murex trunculus und brandaris vermisste ich die acidogenen Drüsen, obschon sie sich nach *de Luca* und *Panceri*[1]) auch bei diesen Arten finden sollen; die Drüsen, welche ich bei

[1]) *S. de Luca* et *P. Panceri*, Recherches sur la salive et sur les organes salivaires du Dolium galea. Comptes rendus. 1867. T. LXV, p. 712—715.

Digitized by Google

den Mureciden an entsprechender Stelle fand, reagirten auf der Schnittfläche nicht sauer, sondern neutral oder schwach alkalisch.

Unmittelbar hinter den acidogenen Drüsen am Munddarme der Cassidaria lagert ein zweites Drüsengebilde, von länglicher Form, compactem, fleischigem Aussehn und von nicht weniger räthselhafter Bedeutung. Nach seinem Entdecker führt es den Namen des *Delle Chiaje*'schen Organes. Unter dem Mikroskope zeigt es einen spiralig gewundenen, lamellösen Bau und scheint zwei verschiedene Drüsenelemente zu enthalten, von denen die an der Aussenfläche vielleicht aber auch nur ein späteres Stadium der mehr centralwärts gelagerten darstellen. Ob das *Delle Chiaje*'sche Organ als eine Enzymdrüse dem Verdauungsgeschäfte dient, ist mir zweifelhaft geblieben. Es besitzt der Glycerinauszug desselben, welcher allein der Untersuchung unterworfen wurde, eine geringe peptische Wirkung auf rohes Fibrin. Die richtige Deutung dieses Befundes ist sehr unsicher, weil das Organ direct in das Darmlumen hineinragt, und in Folge dessen das peptische Enzym leicht aus dem Darmrohre resorbirt sein konnte. Die Untersuchung des Glycerinauszuges von dem analogen Gebilde bei Trochus zizyphinus ergab ein gleiches Resultat, und obschon die peptische Wirkung auf rohes Fibrin bei Salicylsäurezusatz innerhalb 4 — 6 Stunden bemerkbar wurde, so ist auch hier aus dem angegebenen Grunde die Deutung unsicher.

Nur bei wenigen Mollusken fand ich im Lebergewebe ein tryptisches Enzym; so ausser bei Cephalopoden und Limaciden, bei Trochus zizyphinus, Pecten Jacobæus, Pecten varius und glaber, Scrobicularia piperata, und auch bei Turbo rugosus dürfte es im Lebergewebe vorhanden sein, obgleich eine Wirkung auf rohes Fibrin erst nach etwa 10—12 Stunden in 2 procentiger Sodalösung ersichtlich war. Eine Fähigkeit, gekochtes Fibrin bei alkalischer Reaction zu verdauen, besass keiner dieser Leberglycerinauszüge. Der neutrale Verdau-

ungssaft aus dem Darme von Loligo vulgaris verdaute rohes Fibrin sowohl in thymolisirter 1 procentiger Sodalösung als in 0.1 procentiger Salzsäure und 2 procentiger Essigsäure während weniger Stunden. Er eignete sich sehr zur Beweisführung, dass zwei eiweissverdauende Enzyme in dem Verdauungssafte mancher Mollusken vergesellschaftet vorkommen. Wurde derselbe auf einen Gehalt an 0.2 pCt. HCl gebracht, 4—6 Stunden bei 40° C. digerirt, und dann durch Soda alkalisirt, so hatte er seine Fähigkeit, rohes Fibrin bei alkalischer Reaction zu verdauen, eingebüsst. Andrerseits gelang es meist in viel kürzerer Zeit, das peptische Enzym in dem auf einen Gehalt an 2 pCt. Soda gebrachten Verdauungssafte durch Digestion bei gleicher Temperatur zu zerstören. Der Beweis wurde in dieser Weise für das Lebersecret der Limaciden und der übrigen Cephalopoden früher nicht geliefert. Das damals von mir eingeschlagene Beweisverfahren durch Vergleich, welches später auch bei den Krebsen vortheilhafte Anwendung fand, gewinnt jetzt gleichfalls durch die Summe des untersuchten Materials mehr an Bedeutung; denn die tabellarische Uebersicht lehrt, dass den Leberauszügen der meisten darauf untersuchten Mollusken die Fähigkeit, rohes Fibrin bei alkalischer oder neutraler Reaction zu verdauen, auch nach mehreren Tagen vollständig fehlte. Die Auszüge enthielten nur ein oder vielleicht auch mehrere peptische Enzyme, deren Gesammteffect auf rohes Fibrin bei Zusatz verschiedener Säuren in der Tabelle verzeichnet ist und nicht näher interpretirt werden kann, da uns die Mittel fehlen, verschiedene peptisch wirkende Enzyme hinlänglich von einander zu sondern. Dass die in sauren Verdauungsgemischen erzielten Effecte nicht auf ein einziges peptisch wirkendes Enzym bezogen werden können, dürfte durch den Vergleich der mittelst der Leberauszüge von Haliotis tuberculata und den Pecteniden erhaltenen Ergebnisse mit denen der übrigen Molluskenlebern hinreichend klar werden. Die Eigenschaften der Leberglу-

Digitized by Google

cerinextracte von den Pecteniden sind die des Conchopepsins der Mytilus edulis; diese Uebereinstimmung documentirt sich durch die verdauende Wirkung auf gekochtes Fibrin bei Essigsäurezusatz und durch die Zerstörbarkeit der enzymatischen Wirkung durch Oxalsäure.

Das Glycerinextract der Lebern von Haliotis tuberculata weicht in seinen enzymatischen Eigenschaften von den Lebersecreten der übrigen Mollusken wesentlich ab; denn es besitzt die Fähigkeit, ausser in Essigsäure (4 pCt.) — auch in sehr schwachen Weinsäurelösungen (0.5 pCt.) gekochtes Fibrin langsam zu peptonisiren. Bei keinem andern Typus machen sich so grosse Schwankungen in der peptischen Wirkungsweise der Leberauszüge verschiedener Arten bemerkbar als bei den Mollusken. Auch den Leberglycerinextracten von Turbo rugosus, Pectunculus pilosus, Solen siliqua, Pholas dactylus und Mactra stultorum scheint eine Wirkung auf gekochtes Fibrin bei Zusatz verschiedener organischer Säuren nicht ganz zu fehlen; begnügen wir uns aber zur Zeit mit dem Nachweise einer peptischen Wirkung in diesen Molluskensecreten; denn unsere Extractionsmethoden sind zu unvollkommen, um tiefere Einblicke in diese jedenfalls nicht wenig complicirten Verhältnisse zu gestatten.

Meine Versuche beschränkten sich nicht nur auf die Verdauung einzelner Fibrinflocken, sondern auch grössere Quantitäten in 0.1 procentiger HCl gequollenen Fibrins unterwarf ich bei 40° C. der Einwirkung verschiedener Leberextracte. Die Versuche wurden in schon beschriebener Weise[1]) ausgeführt; ein halbes Liter 0.1 procentiger HCl, welchem soviel rohes, ausgepresstes Fibrin hinzugefügt war, dass eine steife Gallerte entstand, bildete eine Portion. Je eine der fünf Portionen versetzte ich mit etwa 8—10 gr. des Glycerinauszuges der Lebern von Doris

[1]) Zur Verdauung bei den Krebsen, l. c. S. 263.

Digitized b

tuberculata, Pecten Jacobæus, Turbo rugosus, Pholas dactylus oder von Lithodomus lithophagus und sah im Laufe des Tages regelmässig die vollständige Auflösung der Masse zu Stande kommen. Die durch das Leberextract von Doris verdaute Masse wurde dialysirt, und im Dialysate waren reichliche Mengen von Peptonen durch Natronlauge und Kupfervitriol, sowie durch das *Millon*'sche Reagens nachweisbar.

Auch der Diastasegehalt der Lebern wechselt bei verschiedenen Arten. Die Versuche wurden mittelst der dialysirten Glycerinauszüge ausgeführt, und sie ergaben für die Lebern von Fissurella costaria, Turbo rugosus, Doriopsis limbata, Doris tuberculata und von Lithodomus lithophagus bei 40° C. innerhalb zwei bis drei Stunden nur eine zweifelhafte saccharificirende Wirkung auf gekochte Stärke. Versuche, welche mit den nicht der Dialyse unterworfenen Auszügen angestellt und durch entsprechende Begleitversuche mit den gekochten Proben controlirt wurden, liessen zwar Spuren von Diastase auch in den Lebern dieser Arten erkennen; die Mengen derselben sind aber so gering, dass sie durch eine halbtägige Dialyse im fliessenden Wasser vollständig ausgewaschen werden. In den Lebern von Trochus zizyphinus, Murex brandaris und trunculus misslang der Nachweis von Diastase aber auch in den nicht dialysirten Auszügen. Alle übrigen daraufhin untersuchten Molluskenlebern enthielten reichlich Diastase.

Während sich in den meisten Fällen unschwer der Leberauszug eines Arthropoden von dem eines Mollusken, Wurmes, Echinodermen oder eines Vertebraten durch seine enzymatische Wirkung auf die Eiweisskörper unterscheiden lässt, und die einzelnen Typen des Thierreichs auch in dieser Hinsicht eine ziemlich scharfe Trennung zu erkennen geben, so ist es unmöglich, sowohl die Eigenschaften der eiweissverdauenden Enzyme der Mollusken von denen der Cölenteraten abzugrenzen, als

Digitized by Google

auch für die einzelnen Classen des Molluskentypus charakteristische Unterschiede derselben nachzuweisen. Verschiedenheiten der bei Wirbelthieren und bei Wirbellosen sehr verbreiteten diastatischen Enzyme sind noch nicht aufgefunden.

Das Glycerinextract der Vorderdarmschleimhaut von Turbo rugosus, welche ihrer Falten wegen von *Souleyet* als Ersatz der Speicheldrüsen angesehen wurde, erwies sich frei von Diastase und besass keine fibrinverdauende Wirkung in 1procentiger Sodalösung; in 1procentiger HCl wurde die Fibrinflocke während der Nacht verdaut, doch ist es mir wahrscheinlich, dass diese peptische Wirkung von geringen, aus dem Verdauungssafte im Darme resorbirten Enzymmengen herrührt.

Bei Murex brandaris liegen in der Umgebung des Munddarmes ausser den sog. Speicheldrüsen noch andere wohl entwickelte Drüsenmassen, vielleicht dem *Delle Chiaje*'schen Organe der Cassidaria und anderer Arten vergleichbar. Auch in diesen finde ich weder ein diastatisches noch ein tryptisches (Unwirksamkeit des Glycerinauszuges in 1procentiger Sodalösung) Enzym. Frei von Pepsin, Trypsin und Diastase erwiesen sich ferner die Gefässdrüsen[1]) von Doris tuberculata, sowie der Purpursaft und das Glycerinextract des Drüsenfeldes, welches dieses Secret bei Aplysia depilans bildet. Ebenso wenig wie diese Gebilde darf das *Bojanus*'sche Organ von Spondylus gæderopus als Enzymdrüse bezeichnet werden, da in ihm gleichfalls ein peptisches, tryptisches und diastatisches Enzym fehlt.

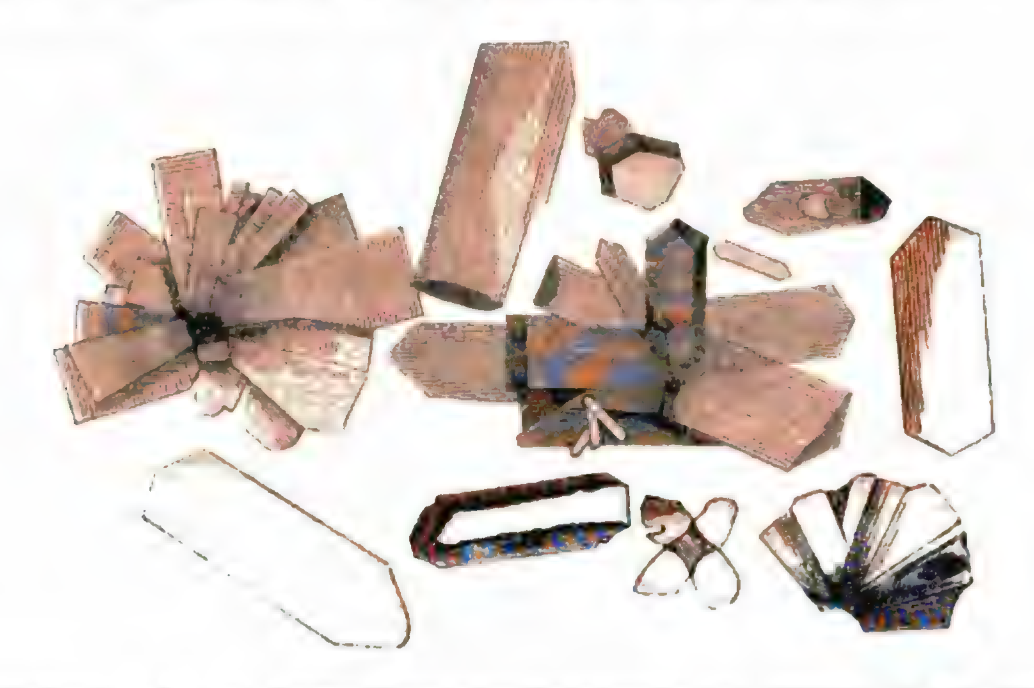
Die Concremente aus dem *Bojanus*'schen Organe von Pinna squamosa enthalten keine Harnsäure; diese fand sich aber in Form lebhaft roth gefärbter Einzelkrystalle oder Krystallgruppen in den durch Alkohol conservirten Venenanhängen eines Cephalopoden. Die Literatur enthält eine grosse Zahl von Angaben

---

[1]) *J. Alder* and *A. Hancock*, l. c. Pl. II, Fig. 1. s. s.

Digitized by Google

über das Vorkommen von Harnsäure bei den Mollusken, von denen viele durch andere Experimentatoren später nicht bestätigt werden konnten; ich halte es deshalb für nothwendig, eine vergrösserte, naturgetreue Copie[1]) der Harnsäureformen aus den Venenanhängen eines Cephalopoden hier zu geben.



Harnsäure aus den sog. Venenanhängen eines Cephalopoden (bei *Hartnack* IV. und Ocular 3).

Ausser den Rosettenbildungen und den abgerundeten Ecken an den Einzelkrystallen bietet die Harnsäure in diesem Vorkommen zwar nichts Typisches; denn die für die Harnsäure so sehr charakteristischen Wetzsteinformen fehlten in meinen Präparaten. Die Murexidprobe[2]) gelang in ausgezeichneter Weise, wovon sich ausser mir noch mehrere Herren überzeugten. Untersucht man die Venenanhänge von Sepia officinalis in ganz

[1]) Die Contouren wurden mittelst des *Oberhæuser*'schen Zeichnenprismas entworfen.

[2]) Die Murexidprobe wurde in bekannter Weise so ausgeführt, dass ich ein Körnchen des Inhaltes der Venenanhänge auf einem Porzellanscherben mit einigen Tropfen Salpetersäure bei mässiger Erwärmung verdampfte. Der für Harnsäure charakteristische rothe Verdampfungsrückstand nahm auf Zusatz eines Tropfens Natronlauge eine prachtvolle violette und auf Zusatz eines Tropfens Ammoniakflüssigkeit Purpurfärbung an.

Digitized by Google

frischem Zustande, so findet man darin nach *Harless*[1]) auch Kugeln von strahliger Structur, getränkt mit einer röthlichen Flüssigkeit. Tritt dieser Farbstoff aus den Kugeln aus, so schiesst er in schönen, grossen Krystallen von Harnsäure an und die beim Austritt des Farbstoffs zurückbleibenden Gerüste bestehen aus kohlensaurem Kalk und einer Kieselverbindung.

Auf ein anderes sonderbares Gebilde, welches sich bei mehreren Lamellibranchiaten und Cephalophoren findet, auf den Krystallstil konnte ich gleichfalls meine Untersuchungen ausdehnen. Es ist dies in den meisten Fällen ein durchsichtiger Gallertstab, welcher das Lumen eines (bei einigen Arten sehr entwickelten) Darmblindsackes oder, wenn dieser fehlt, das Darmrohr selbst an manchen Stellen fast vollständig ausfüllt und so die Speisemassen zwingt, in möglichst naher Berührung mit den Darmwänden das Verdauungsrohr zu passiren. Erklärungen der Function dieses elastischen Darmpfropfes wurden oft versucht, und nur die bemerkenswerthesten derselben sind hier kurz zusammengestellt[2]). Eine ansehnliche Zahl von Krystallstilen, vor-

---

[1]) *Harless*, Ueber die Nieren der Sepia oder die sog. Venenanhänge. *Erichson*'s Archiv für Naturg. Jahrg. XIII, Bd. I. 1847. S. 1 und Taf. I.

[2]) Nach *Poli* (Testacea utriusque Siciliae. I, b. 41), seinem Entdecker, dient der Krystallstil zum temporären Verschluss wenigstens einiger Lebermündungen, um den Eintritt der Galle in den Magen zu beschränken. *J. F. Meckel* (System der vergl. Anat. Bd. I, S. 134 und Bd. IV, S. 168) hingegen ist es wahrscheinlicher, dass er eine Andeutung der Zunge der Cephalophoren, also mehr ein Kauwerkzeug darstellt. *H. Milne Edwards* (Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée. T. V, p. 362) scheint er als Rührapparat zu functioniren, der die Speisen mit den Verdauungssäften mischt. *Leuckart* (Lehrb. der Anat. der wirbellosen Thiere. 1847. S. 478) verglich ihn mit der bei den Gastropoden so häufigen Magenbewaffnung; später (Vergl. Anatomie und Physiologie. 1855. S. 125) wurde von ihm jedoch diese Ansicht verworfen, und er vermuthete in dem Krystallstile einen Reservestoffbehälter für bestimmte Substanzen ungefähr derart, wie ihn die Krebssteine vorstellen. *Oscar Schmidt* (Handb. der vergl. Anat. 6. Aufl. 1872. S. 218) neigte zu der Annahme, dass das ganze Product nichts

wiegend den Bohrmuscheln entnommen, wurde gut abgewaschen, fein zerhackt und mit soviel Glycerin übergossen, dass sie eben davon bedeckt wurden. Nach dreiwöchentlicher Einwirkung zeigte das Glycerinextract in 0.1 procentiger HCl nur eine geringe peptische Wirkung auf rohes Fibrin, welche aber um so mehr auf Spuren infiltrirten Enzymes aus dem Darmcanale bezogen werden muss, als von vornherein zu vermuthen war, dass ein so lamellös gebautes Gebilde, wie es der Krystallstil darstellt, von den mechanisch den Lamellen anhaftenden flüssigen oder festen Verunreinigungen durch ein Abspülen der Oberfläche nicht zu befreien ist. Jedenfalls erweist sich durch diese Untersuchungen die Ansicht, welche in dem Krystallstile einen Enzymbehälter sieht, als unrichtig; denn an Enzymen fehlt es im Darme der Mollusken nicht (wenn sie nöthig sind, liefert sie die Leber in reichlicher Menge), und als Rührapparat wird der Krystallstil ebenso wenig einen Nutzen schaffen. Eine Bedeutung für das Resorptionsgeschäft wird ihm aber insofern zukommen, als er, wie ich schon anführte, den Chymus zwingt, in nahen Contact mit dem resorbirenden Epithelbelag des Darmes zu treten. Der Krystallstil erscheint hiernach als Theilstück eines höchst seltsamen und interessanten Mechanismus, an welchen die Typhlosolis der Lumbriciden und ähnlich gelagerte Leisten bei anderen Würmern nur entfernt erinnern. Während sonst in dem Thierreiche einem gesteigerten Resorptionsbedürfnisse durch Faltenbildungen, durch blindsackförmige Anhänge, durch rhythmische Contractionen der Darmmus-

---

anderes sei, als ein zur Umhüllung des Gefressenen dienendes Darmsecret, wodurch die Contenten aufgelöst würden. Er gründete seine Ansicht darauf, dass der Krystallstil von einem oft bis zum Verschwinden feinen Canale mit Darmcontentis, Bacillarien, Räderthieren u. s. f., die auch zwischen den Schichten anzutreffen sind, durchsetzt ist. Nach *Gegenbaur* (Grundzüge der vergl. Anat. II. Aufl. 1870. S. 527) dürfte die physiologische Bedeutung dieses periodisch auftretenden und verschwindenden Gebildes vorzüglich in den Ernährungsverhältnissen der betreffenden Individuen zu suchen sein.

Digitized by Google

culatur oder auch wohl durch eine Zunahme der Darmlänge entsprochen wird, gelangt der Organismus vieler Mollusken einfach dadurch zu demselben Resultate, dass ein elastischer Stempel aus todter Materie das Centrum des Darmrohres verschliesst, und der Nahrung nur einen verzögerten Durchtritt an den peripheren Theilen gestattet. Ob hiermit die Function des Krystallstils erschöpfend ausgedrückt sein wird, erlaube ich mir nicht zu entscheiden.

Wirkungsfähigkeit der Verdauungssäfte oder der Leberglycerinauszüge einiger Mollusken auf rohes Fibrin und auf gekochte Stärke bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten.

Lamellibranchiaten.

	1-2 % Sodalösung.	Neutraler wässriger Auszug.	0.1—0.2 % HCl.	Essigsäure von			Milchsäure von			Weinsäure von			Oxalsäure von			Diastase.
				0.5 %	1—2 %	4 %	0.5 %	1-2 %	4 %	0.5 %	1-2 %	4 %	0.5 %	1-2 %	4 %	
Ostrea edulis . . .	0	0	+	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.		.
Ostrea lamellosa .	0	0	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+
Pecten Jacobaeus . .	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
Pecten varius . . .	.	+	+	.	+	.	+	+	+	+	+	+	+	+	.	+
Pecten glaber . . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	.	+
Spondylus gaederopus	0	0	+	schw.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.		.
Lima inflata . . .	0	0	+	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	.	.
Pinna squamosa .	0	.	+	+	+	.	+		+	.	+	+	.	+	0	+
Mytilus Gallo-provincialis	0	0	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Mytilus edulis . . .	0	0	+	+	+	.	+	+	.	+	+	.	+	+	.	+
Lithodomus lithophagus	0	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	Spur.
Arca Noae	0	0	+	+		+	.	.	.	.	.	.	+	0	.	+
Pectunculus pilosus .	0	.	+	+	+	+	.	.	.	+	.	+	.	+	0	+
Cardium edule . . .	0	0	+	+	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
Cardium ciliare . .	0	0	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	0	.	+
Venus gallina . . .	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
Venus verrucosa . .	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
Mactra stultorum var. alba	0	.	+	+	+	+	.	.	.	+	.	+	+	0	.	+
Scrobicularia piperata	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	.	+
Solen siliqua . . .	0	0	+	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
Pholas dactylus . .	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	.	+

Digitized by Google

Gastropoden.

Opistobranchien.

	1-2 % Sodalösung.	Neutraler wässriger Auszug.	0.1—0.2 % HCl.	Essigsäure von			Milchsäure von			Weinsäure von			Oxalsäure von			Diastase
				0.5 %	1—2 %	4 %	0.5 %	1-2 %	4 %	0.5 %	1-2 %	4 %	0.5 %	1-2 %	4 %	
Aeolis (aus d. Nordsee)	0	0	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Doris tuberculata . .	0	0	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+	0	Spur.
Aplysia depilans . .	0	.	+	0	+	+	0	.	.	.	.	schw.	0	+	.	+
Doriopsis limbata . .	0	0	+	0	+	.	+	+	+	+	+	+	schw.	+	0	Spur.
Prosobranchien.																
Fissurella costaria .	0	0	+	.	schw.	+	+	+	+	+	+	+	.	.	0	Spur.
Haliotis tuberculata .	0	.	+	+	.	+	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+
Turbo rugosus . . .	schw.	.	+	+	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	Spur.
Trochus zizyphinus .	+	.	+	schw.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0
Murex brandaris . .	0	.	+	0	+	.	.	+	+	+	+	+	+	.	0	0
Murex trunculus . .	0	.	+	.	.	+	.	+	+	.	+	+	+	.	0	0
Cassidaria echinophora	0	0	+	schw.	+	.	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
Paludina vivipara . .	0	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pulmonaten.																
Limnæus stagnalis .	0	.	+	.	.	.	+	+	.	.	.	.	0	0	.	.
Arion rufus	.	.	.	+	+	.	+	+	.	+	+	.	.	.	.	.
Arion ater	+	+	0	0	.	.	+	.	.	+	+	.	+	+	.	.
Limax cinereo-ater .	+	.	.	+	+	.	.	+	.	+	.	.	.	+	.	.
Limax agrestis . . .	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.
Helix pomatia . . .	0	0	+	+	+	.	+	+	.	+	+	.	+	+	.	+
Helix nemoralis . .	0	.	+	+	.	.	.	+	.	+	.	.	+	+	.	.

Cephalopoden.

	1-2 % Sodalösung.	Neutraler wässriger Auszug.	0.1—0.2 % HCl.	Essigsäure 0.5 %	Essigsäure 1—2 %	Essigsäure 4 %	Milchsäure 0.5 %	Milchsäure 1-2 %	Milchsäure 4 %	Weinsäure 0.5 %	Weinsäure 1-2 %	Weinsäure 4 %	Oxalsäure 0.5 %	Oxalsäure 1-2 %	Oxalsäure 4 %	Diastase
Sepia elegans . . .	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	+	.	+
Sepia officinalis . .	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+
Loligo vulgaris . .	+	+	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	0	+
Sepiola Rondeletii .	+	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	+	.	.
Eledone moschata .	+	+	+	+	+	.	+	+	.	+	+	.	+	+	.	+

Digitized by Google

Notizen zur Literatur über die vergleichende Physiologie der Nutritionsprocesse.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

Vor Kurzem veröffentlichte *Fredericq*[1]) Untersuchungen über die Verdauungsvorgänge bei Arion rufus, Mya arenaria, Mytilus edulis, Lumbricus terrestris und bei einigen andern Würmern; einzelne Angaben macht er auch über den Enzymgehalt einiger Cölenteraten und über die enzymatische Beschaffenheit des Lebersecrets bei Asteracanthion rubens. Seine Erfahrungen sind für uns insofern interessant, als auch er die Ueberzeugung gewonnen hat, dass die Leber die Enzymproduction nicht nur bei Mollusken, sondern auch bei Lumbricus terrestris und Asteracanthion rubens versieht. Abweichend von meiner Auffassung zieht er vor, diese enzymbildende Drüse dem Pankreas[2]) und nicht der Leber höherer Thiere zu vergleichen; ich möchte aus mehrfach angegebenen Gründen die Bezeichnung „Leber“ beibehalten, was mir schon aus praktischen Gründen geboten erscheint. *Fredericq*'s Ergebnisse unterscheiden sich nach des Autors Aussage bemerkenswerth genug von den meinigen, um ihn zu veranlassen, die Publication seiner Erfahrungen nicht länger zurückzuhalten. Alle Differenzen beruhen aber, soviel ich ersehe, fast ausschliesslich auf dem Pepsingehalte der Secrete resp. Auszüge und finden in der von *Fredericq* angewandten Methode ihre Erklärung. Es scheint die auch von mir[3]) früher eingehender erörterte Thatsache, dass ein peptisches Enzym (obgleich dasselbe bei Fällung aus seinen Lösungen durch Alkohol kaum etwas an Wirksamkeit einzubüssen scheint) durch Alkoholbehandlung des Gewebes ungemein viel von seiner Wirksamkeit verliert, wenig bekannt zu sein. So lässt *Hoppe-Seyler* noch in der sechsten Auflage seines Handbuchs der chemischen Analyse (1876, S. 266) das Pepsin nach der *Wittich*'-

[1]) *L. Fredericq*, Sur la digestion des albuminoïdes chez quelques Invertébrés. Bulletins de l'Acad. roy. de Belgique. T. XLVI. 1878. – Sur l'organisation et la physiologie du Poulpe. Ibid.

[2]) „Enzymdrüse“ würde wohl (in *Fredericq*'s Sinne gedacht) die beste Bezeichnung für dieses Organ sein.

[3]) Ueber ein peptisches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten u. s. w. Unters. a. d. phys. Inst. der Univ. Heidelberg. Bd. II, S. 280.

Digitized by Google

schen Methode aus der gereinigten, in Alkohol gehärteten Magenschleimhaut darstellen. Das auffällige Verhalten des frischen, pepsinhaltigen Gewebes ist, wie Herr Geh.-Rath *Kühne* mir gütigst mittheilte, vor einigen Jahren unter seiner Leitung von Dr. *Hefftler* aus St.-Petersburg eingehender untersucht, während es zwar auch frühern Forschern[1]) nicht ganz entgangen zu sein scheint. Der Pepsinverlust mag bei so pepsinhaltigen Organen, wie es die meist zur Pepsingewinnung verwendeten Mägen unsrer Hausthiere sind, weniger hervortreten; bei der Darstellung dieses Enzymes aus den meist enzymärmern Organtheilen der Wirbellosen fallen die durch die Behandlung der Gewebe mit Alkohol hervorgerufenen Verluste weit mehr in's Gewicht. Es mag genügen, nur darauf hinzuweisen, dass ich von Lumbricus terrestris Glycerinextracte erhielt, welche nicht erst (wie bei *Fredericq*'s Versuchen) in 36 oder 48 Stunden, sondern bereits nach 3—4 Stunden, ja in noch kürzerer Zeit rohes Fibrin verdauten. Temporäre oder individuelle Schwankungen kommen zwar hier, wie überall da vor, wo sich mehrere eiweissverdauende Enzyme vergesellschaftet finden. Als ich meine zahlreichen Versuchsreihen an Lumbricus abschloss, war ich überzeugt, dass es sich oft schwer entscheiden lässt, ob in dem erhaltenen Glycerinauszuge ein Plus von peptischem oder von isotryptischem Enzyme sich findet, und ich muss diese Auffassung trotz gegentheiliger Angabe fernerhin vertreten.

Das Gesagte gilt in derselben Weise wie für Lumbricus auch für die von *Fredericq* bei Asteracanthion rubens gewonnenen Ergebnisse. Dem Leberextracte dieses Seesterns wird unzweifelhaft auch eine viel energischere peptische Wirkung zukommen[2]), als *Fredericq* annimmt. Bei Actinia und bei den Spongien (?) hat er das peptische Enzym aus demselben Grunde nicht nachweisen können, und über grosse Mengen von Miessmuscheln muss dieser Forscher bei seinen Untersuchungen verfügt haben, sonst würde es ihm unzweifelhaft auch hier entgangen sein; denn ich erhielt, als ich bei Beginn meiner Studien über die Verdauungsvorgänge der Mollusken die Extraction in der von *Fredericq* geübten Weise vornahm, aus den Mytiluslebern nach Alkoholbehandlung stets Auszüge von sehr schwacher oder zweifelhafter Wirkung. Weder bei Mytilus edulis[3]), welche ich von Ostende bezog, noch bei Mytilus edulis var. galloprovincialis aus der Adria erhielt ich eine sichere Wirkung bei alkalischer Reaction; ich kenne jedoch keinen Grund, Spuren eines tryptischen Enzymes bei dieser Molluskenart in Abrede zu stellen. Locale und individuelle Verschiedenheiten scheinen nicht ausgeschlossen zu sein, und leicht können beim Nachweis dieses Enzymes Zersetzungserscheinungen,

[1]) Cf. *Ebstein* und *Grützner* in *Pflüger*'s Archiv. Bd. VI, S. 13, welche ebenfalls die Methode der Alkoholbehandlung der Pylorusschleimhaut bei ihren Versuchen aufgaben, „weil die daraus gewonnenen Auszüge überhaupt sehr wenig verdauten“.

[2]) Cf. *Krukenberg*, Ueber die Enzymbildung in den Geweben und Gefässen der Evertebraten. l. c. S. 348 ff.

[3]) Ich untersuchte sowohl den Verdauungssaft, als auch wässrige und Glycerin-Auszüge der Lebern.

Digitized by Google

bewirkt durch niedre Organismen für einen Befund von tryptischem Enzyme ausgegeben werden.

Was *Fredericq's* Mittheilungen über Arion rufus anbelangt, so finde ich darin nichts, was meinen Angaben widerspricht. Wie aus der von mir gegebenen Tabelle[1]) ersichtlich ist, habe ich die eiweissverdauende Wirkung des Verdauungssaftes resp. des Leberglycerinauszuges von Arion rufus in 0.2 procentiger HCl[2]) oder 2 procentiger Sodalösung nicht geprüft, und ich freue mich desshalb, wenigstens eine dieser Lücken durch *Fredericq's* Versuche ausgemerzt zu sehen. Wie sich der Leberauszug gegen Salzsäure verhält, darüber besagen zwar auch *Fredericq's* Versuche nichts; denn zur Entscheidung dieser Frage muss man mit den Glycerinextracten der nicht vorher mit Alkohol behandelten Lebern operiren. Die Wirksamkeit des Leberglycerinauszuges von Arion rufus in 0.4 und 1 procentiger Weinsäure oder Essigsäure und in 0.4 bis 2 procentiger Milchsäure steht für mich ausser Frage. Es könnte, und das ist mir (schon seit längerer Zeit) gar nicht unwahrscheinlich, das peptische Enzym bei einigen Limaciden und vielleicht auch bei einigen Cephalopoden vollständig fehlen; die von mir constatirte Wirkung auf Zusatz organischer Säuren könnte auch eine Eigenschaft des tryptischen Enzymes sein.[3]) Ein solcher Thatbestand würde meine Beweisführung, bei welcher die Limaciden vergleichend behandelt sind,[4]) in keinem Punkte beeinflussen, muss aber durch eingehendere Untersuchungen erst thatsächlich festgestellt werden. Falls es überhaupt noch einer weitern Beweisführung bedürfte, dass bei vielen Würmern, Arthropoden, Mollusken und Echinodermen das Lebersecret zwei eiweissverdauende Enzyme enthält, so ist dieselbe durch *Fredericq's* Versuchsresultate geliefert. *Fredericq* hat, unbekannt mit der von *Hefftler* eingehender studirten Eigenthümlichkeit des pepsinbildenden Gewebes, das peptische Enzym durch Alkoholbehandlung meist ebenso vollständig zu zerstören vermocht, als ich durch Alkalibehandlung.[5])

Gestützt auf zahlreiche, weitere Beobachtungen an vivisecirten Thieren vertrete ich wie früher die Ansicht, dass die Reaction des Darminhaltes bei den Cephalopoden wechselt; zwar glaube auch ich aus früher erörterten Gründen, dass eine saure Beschaffenheit desselben im Stadium der Verdauung das Normale ist.[6]) Die Reaction des Lebergewebes ist der

[1]) Vergleichend physiol. Beiträge z. Kenntniss der Verdauungsvorgänge. l. c. S. 8.

[2]) Eine 0.1—0.2 procentige HCl eignet sich bekanntermassen zu den Verdauungsversuchen viel besser als eine 0.4—1.2 procentige, welche *Fredericq* anwandte.

[3]) *Krukenberg*, Vergleichend physiol. Beiträge etc. S. 25 Anmk.

[4]) Vergl. physiol. Beiträge etc., S. 9.

[5]) *Krukenberg*, Vergl. physiol. Beiträge etc., S. 25.
—, Zur Verdauung bei den Krebsen. ibid. S. 261.
—, Ueber die Enzymbildung etc. S. 349.

[6]) Der Reaction des Verdauungssaftes kommt hier aber kaum die Bedeutung zu, welche ihr oft beigelegt ist. Cf. *Krukenberg*, Versuche z. vergl. Physiologie der Verdauung etc., ibid. Bd. I, S. 330.

Digitized by Google

starken Pigmentirung wegen besonders bei den Cephalopoden äusserst schwierig mit Sicherheit zu bestimmen. Auch verwechselt *Fredericq*[1]) die von mir in Uebereinstimmung mit *E. H. Weber* und *P. Legouis* vertretene Ansicht über die Leber einiger Fische mit meiner Auffassung der Molluskenleber, welche sich nicht mit wenigen Worten abthun lässt, sondern eine ausführlichere Erörterung verlangte[2]).

Obgleich meine Untersuchungen über die Verdauungsproducte viel eingehender als diejenigen von *Fredericq* sind, und ich z. B. der Hemialbumose wegen nie direct mit der verdauten Masse, sondern stets mit dem Dialysate derselben die Peptonreaction vornahm, so habe ich mich zu dem Ausspruche *Fredericq*'s[3]): „die durch die Enzyme der verschiedensten Evertebraten gebildeten Verdauungsproducte sind dieselben wie die durch die Vertebratenenzyme gebildeten“ nie berechtigt geglaubt. Spätere Untersuchungen haben dann auch gezeigt, dass die *Fredericq*'sche Ansicht nicht die richtige ist. So hat z. B. Niemand unter den durch Evertebratenenzyme gebildeten Verdauungsproducten Tyrosin und Leucin mit Sicherheit nachweisen können; Niemandem gelang es mit der durch Isotrypsin verdauten Masse die Bromwasserreaction zu erhalten und, wie ich glaube, hat jeder exacte Forscher das Recht, von Jemandem, der einen derartigen Ausspruch wagt, die quantitativ-analytischen Belege dafür zu verlangen, dass die Peptone und die bei der Verdauung durch die Evertebratenenzyme gebildeten Eiweisssubstanzen mit denen, welche bei der Pepsin- und Trypsinverdauung entstehen, identisch sind. Auch in der andern von *Fredericq* angeregten Frage[4]), ob das tryptische oder das peptische Enzym in der Thierreihe verbreiteter ist, müssen jetzt die Vermuthungen meinen experimentellen Beweisen weichen.[5])

Die längere Zeit schon in Aussicht gestellte[6]) Arbeit *E. Luchhau*'s[7]) ist ebenfalls vor Kurzem erschienen, und es findet darin die von mir gemachte Angabe über die Wirksamkeit des Pepsins der Fische bei verschiedenen Temperaturen, welche sich im Widerspruch mit den Ergebnissen *Hoppe-Seyler*'s befand, eine für mich erfreuliche Bestätigung. Ich hatte früher[8]) darauf verzichtet, mich gegen die von *Fick* und *Murisier* gemachten Mittheilungen auszusprechen, glaube aber jetzt, da dieselben durch *Luchhau* eine scheinbare Bestätigung erhalten, nicht länger warten zu dürfen, meine Versuchsresultate diesen entgegenzustellen. Zu meinen Untersuchun-

[1]) Sur l'organisation et la physiologie du Poulpe. S. 55.

[2]) *Krukenberg*, Vergl. physiol. Beiträge etc., S. 16—23.

[3]) Sur la digestion des albuminoïdes etc., S. 16.

[4]) Ibid. S. 16.

[5]) Ueber die Enzymbildung etc., S. 338—365. — Nachtrag zu den Unters. über die Ernährungsvorgänge bei Cölenteraten u. Echinodermen. ibid. S. 366—377. — Ueber ein peptisches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten etc., l. c. S. 273—286.

[6]) Centralbl. f. d. medic. Wissenschaften. 1877. Nr. 28. S. 497.

[7]) Ueber die Magen- und Darmverdauung bei einigen Fischen. Inaugural-Dissertation. Königsberg.

[8]) Versuche zur vergleichenden Physiologie etc. S. 331.

Digitized by Google

gen dienten die Magenglycerinextracte vom Hecht und von Mustelus vulgaris, welche letztere wegen ihrer energischen Wirksamkeit mir zu diesen Versuchen besonders geeignet erschienen. Ich führte die Untersuchungen an einem sehr kalten Wintermorgen, als das Thermometer unter Null stand, in einem bedachten, sonst aber offnen Raume aus und erhielt die nämlichen Resultate wie *Murisier* und *Luchhau*. Aber ich versäumte nicht, wie es diese Autoren gethan zu haben scheinen, die nöthigen Controlversuche mit dem Glycerinauszuge des Schweinemagens nebenhergehn zu lassen. Der Vergleich der drei Proben lehrte auf's evidenteste, dass keine Verschiedenheiten zwischen dem Pepsin des Schweines und dem der Fische in dieser Hinsicht zu constatiren sind. Stets trat, wenn bei sehr niedriger Temperatur überhaupt eine Verdauung des Fibrins bemerkbar war, dieselbe zuerst in dem bei 40° C. wirksamsten Verdauungsgemisch ein, gleichgiltig, ob es vom Hai, dem Hechte oder dem Schweine stammte, und bei gleich niedriger Temperatur[1]) verlief die in allen Fällen sehr verzögerte Fibrinverdauung in einer mit wenigen Tropfen äusserst kräftigen Pepsinglycerins vom Schweine versetzten Probe viel energischer als in den unter ganz gleichen Verhältnissen befindlichen Gläschen, welche mit weniger kräftigem, aber bei 40° C. doch sehr rasch wirkendem Pepsinglycerin vom Hecht oder Hai versetzt waren. Ich habe diese Versuche bis zu dem Punkte, wo sich Eisnadeln in den Verdauungsgemischen abschieden, variirt und stets gefunden, dass (einerlei, ob das Pepsinglycerin von Fischen oder vom Schweine stammte) bei diesen niedrigen Temperaturen die Wirkungen in allen drei Gläsern (natürlich ungemein verlangsamt) gleichsinnig mit denen verliefen, welche dieselben Gemische bei 40° C. äusserten. Desshalb behaupte ich auf das entschiedenste, dass Das, was für qualitative Differenzen angesehen wurde, nur quantitative sind, und jeder, der bei diesen Versuchen nicht die Controlproben mit dem Pepsin des Schweinemagens versäumen wird, muss sich von diesem Thatbestande überzeugen können.

Die von meinen Angaben über den Trypsingehalt der Karpfenleber abweichenden Ergebnisse *Luchhau's* kann ich mir nur durch die Annahme erklären, dass er an sehr jungen Thieren operirte. Der Trypsingehalt des Hepatopankreas von zwei sehr grossen Karpfen war so bedeutend, dass der daraus durch Selbstverdauung gewonnene künstliche Verdauungssaft eine so rapide tryptische Wirkung besass, wie sie sich mit dem aus einem Säugerpankreas gewonnenen nicht kräftiger erhalten lässt. *Luchhau* rügt, dass ich in meiner Abhandlung nicht den Weg angegeben habe, auf dem beim Karpfen das pankreatische Ferment aus dem Hepatopankreas in den Darm gelangt; soviel ihm bekannt wäre, sei ein solcher nicht vorhanden. Ich durfte diese Auseinandersetzung unterlassen, weil die ge-

[1]) Die in die Verdauungsgemische eingesenkten Thermometer zeigten das eine Mal eine Temperatur von 4° C., das andere Mal eine Temperatur von 2° C. an. In anderen Fällen war dieselbe noch tiefer herabgesunken.

Digitized by Google

wünschten Ausführungsgänge bereits in der von mir citirten [1]) Arbeit *E. H. Weber*'s beschrieben und abgebildet, in *Legouis*'s ausführlichen Schriften[2]) ferner weitläufig besprochen sind. Für Perca fluviatilis ist *Brockmann*'s bekannte Dissertation ausführlich genug, dass mir das Citat derselben [3]) zu genügen schien.

Zu meiner Abhandlung „Ueber die Enzymbildung etc.“ sei bemerkt, dass die bezeichneten dottergelben Darmanhänge bei Cucumaria Planci, deren eingehendere anatomische Untersuchung ich auf der k. k. zoologischen Station zu Triest unterliess, weil ich keinen Enzymgehalt derselben erwarten durfte, nach den Bemühungen von Herrn Dr. *Hubert Ludwig*, dem ich für seine gütige Belehrung zum wärmsten Danke verpflichtet bin, die Genitalschläuche sind. Aus der mir zugänglichen Literatur erhielt ich, als ich die Ergebnisse meiner Versuche zusammenstellte, über diese Schläuche nicht die gewünschte Auskunft und zog desshalb vor, dieselben kurz zu charakterisiren. Schon deshalb habe ich in genannter Abhandlung den präciseren Namen „Geschlechtsdrüsen“ vermeiden zu müssen geglaubt, weil es mir nicht mehr erinnerlich war, in wie weit ich diese vom Mesenterium und etwa vorhandenen Gefässen gereinigt hatte. Meine Untersuchungen über die Ernährungsvorgänge bei den Echinodermen und Cölenteraten sind keineswegs abgeschlossen. Ich werde sie in kürzester Frist am Meere fortsetzen und behalte mir deshalb alle weiteren Angaben darüber vor.

1) Versuche zur vergleichenden Physiologie etc. S. 332 Anm.
2) Cf. *Krukenberg*, Vergl.-physiologische Beiträge etc. S. 41.
3) *Krukenberg*, Versuche zur vergleichenden Physiologie etc. S. 339 Anm.

Digitized by Google

Ueber die Entstehung von Hypoxanthin aus Eiweissstoffen.

Von **R. H. Chittenden. Ph. B.**
(aus New-Haven. Conn. U.-S. A.)

Unter den aus den Albuminen durch künstliche Zersetzung erzeugten Körpern hat keiner in physiologischer, wie in chemischer Beziehung grösseres Interesse erregt, als das Hypoxanthin, welches *Salomon* unter den Producten der Einwirkung des Wassers oder der Fäulniss, sehr verdünnter Salzsäure, des Magen- und Pankreassaftes auf Blutfibrin entdeckte. Die Beobachtung war so wichtig und überraschend, dass ich gern der Aufforderung des Herrn Prof. *Kühne* folgte, *Salomon*'s schöne Versuche zu wiederholen und wenn möglich in der Weise fortzusetzen, dass man erfuhr, ob die Eiweissstoffe selbst oder etwas ihnen Beigemischtes das Hypoxanthin lieferten. In dem von *M. Foster* herausgegebenen Journal of Physiology (Vol. II, 1, S. 28) habe ich schon kurz über meine ersten im Heidelberger physiol. Institut über den Gegenstand angestellten Versuche berichtet und die Angaben *Salomon*'s vollkommen bestätigen können[1]).

Zum Nachweise des Hypoxanthins habe ich in allen Fällen die betreffenden Lösungen mit geringem Ueberschusse von Kupferacetat 1/2 Stunde gekocht, die entstandene Ausscheidung auf dem

[1]) Die seither auch durch *Maly*'s Jahresberichte veröffentlichten Resultate aus der Dissertation von *H. Krause* (Berlin 1878) über denselben Gegenstand, waren Herrn *Chittenden*, der mir seine Untersuchungen im Februar 1879 übergab, noch nicht bekannt. *W. K.*

Digitized by Google

Filter mit heissem und kaltem Wasser gewaschen, vom Filter in wenig heisser HNO_3 gelöst, diese Lösung mit NH_4OH übersättigt und mit Silbernitrat gefällt. Einige Stunden später wurde der Silberniederschlag auf dem Filter gesammelt, ausgewaschen, in heissem Wasser suspendirt, mit SH_2 zersetzt, das Schwefelsilber entfernt, das Filtrat zur Trockne verdunstet. Um etwaige Harnsäure zu beseitigen, wurde der Rückstand mit ganz verdünnter SH_2O_4 ausgezogen, die schwefelsaure Lösung mit NH_4OH alkalisch gemacht und zum zweiten Male mit Silbernitrat gefällt. Nach *Neubauer*'s Verfahren wurde die Silberfällung zur Trennung des Hypoxanthins vom Xanthin in einer kleinen Menge HNO_3 von 1,10 spec. Gew. heiss gelöst, worauf sich das Hypoxanthinsilbersalz nach kurzem Stehen als schön weisser Niederschlag ausschied, der unter dem Mikroskope die charakteristischen radiär angeordneten Nadelbündel zeigte. Um die Reactionen des Hypoxanthins anzustellen, wurden die Krystalle mit H_2O gewaschen, in heissem H_2O suspendirt mit SH_2 zersetzt, die vom Schwefelsilber abfiltrirte Lösung verdunstet und Proben der Substanz auf Porzellanscherben mit wenig HNO_3 erhitzt, worauf ein gelber Rückstand blieb, der mit einigen Tropfen Natronlauge erwärmt die bekannte rosenrothe bis violette Färbung annahm. Das mit der Kupferfällung beginnende Verfahren war in den meisten Fällen nöthig, weil ich viele an Chloriden reiche Lösungen zu untersuchen hatte, welche nicht direct mit NH_4OH und Silbernitrat zu behandeln waren. Wie ich hoffe, bürgen die folgenden Resultate für die Sicherheit der Methode.

Nachdem ich mich überzeugt hatte, dass ungefaultes, mit kaltem Wasser, gelegentlich auch mit 3 pCt. NaCl-Lösung gewaschenes, weisses Fibrin aus Ochsenblut weder an viel kochenden Alkohol, noch bei 15 Min. dauerndem Kochen mit Wasser Hypoxanthin abgiebt, siedete ich eine nach dem Kochen und Auspressen 1000 grm. wiegende Fibrinmasse 12 Stunden mit 2 Lit.

Digitized by Google

H_2O im Kolben mit Rückflusstrichter. Die Flüssigkeit lieferte darauf 20 mgrm. salpetersaures Hypoxanthin-Silberoxyd. Dieses Hypoxanthin hatte offenbar nicht in dem Fibrin præëxistirt, sondern war durch den Einfluss des siedenden Wassers, also durch einen Process, dessen zersetzende Wirkung auf Albumine bekannt ist, erst entstanden.

Derselbe Versuch mit 439 grm. feuchtem, durch Kochen mit Wasser und wenig Essigsäure aus dem Weissen von 24 Hühnereiern erhaltenen, coagulirten Albumin und 1500 C. C. H_2O angestellt, lieferte gar kein Hypoxanthin. In der gesammten Mutterlauge des Eierweisscoagulates fand ich eine Spur von Xanthinkörpern, die also Bestandtheile des Eies sind; doch war die Menge so gering, dass ich nur einige Krystalle der Silberverbindung und gerade genug zur Anstellung der Reactionen gewann, ohne entscheiden zu können, ob Xanthin oder Hypoxanthin vorliege.

In Uebereinstimmung mit *Salomon* gaben mir 1500 grm. gewaschenen, aber ungekochten Fibrins nach viertägiger Digestion mit 2500 C. C. HCl von 0,2 pCt. bei 40° C. 30 mgrm. $C_5H_4N_4O$. $AgNO_3$, während ich von dem coagulirten Albumin aus 24 Eiern nach 3—6 tägiger Digestion mit 2 Lit. derselben Säure nichts erhielt. Fibrin erst 12 Stunden mit Wasser gekocht, gab an dieses Hypoxanthin ab und darauf zum zweiten Male wieder Hypoxanthin, als es mit verdünnter HCl ebenso lange auf 40° C. erwärmt worden. Bei demselben Verfahren entstand aus coagulirtem Eiweiss kein Hypoxanthin.

Um den Einfluss des Magensaftes zu prüfen, bediente ich mich des künstlich aus Schweinemagenschleimhaut durch Selbstverdauung gewonnenen Saftes. Derselbe bedurfte zuvor einer Reinigung durch Dialyse, da ich aus 100 grm. abpräparirter, feucht gewogener Schleimhaut nach der Selbstverdauung nicht weniger als 43 mgrm. $C_5H_4N_4O$, $AgNO_3$ darstellen konnte. 3—4 Tage auf fließendem

Digitized by Google

Wasser dialysirt war der Magensaft frei von Hypoxanthin und es bildete sich auch kein neues darin, wenn er auf den früheren Säuregrad gebracht, einige Tage bei 40° C. erhalten wurde. Zu meiner Ueberraschung gab diese mit HCl vortrefflich verdauende Pepsinlösung nur eine kleine Quantität Hypoxanthin, nachdem ich 1 Lit. der auf 0,4 pCt. HCl gebrachten Flüssigkeit 48 Stunden auf Fibrin hatte wirken lassen; doch wurde so viel der Silberverbindung erhalten, dass der Nachweis gesichert war. Eine andere Quantität Fibrin, welche zuvor erst bei 12stündigem Kochen mit H_2O, darauf wieder nach mehrtägigem Digeriren mit HCl von 0,2 pCt. ziemlich viel Hypoxanthin geliefert hatte, gab mit dialysirtem Magensafte noch eine dritte, obschon sehr geringe Quantität. Coagulirtes Albumin aus Eiern gab mit Pepsin und HCl verdaut keine Spur von Hypoxanthin.

Wie die Magenschleimhaut liefert auch das Pankreas Hypoxanthin in sehr beachtenswerther Menge: 20 grm. trocknen, mit Alkohol und Aether gut extrahirten Ochsenpankreas lieferten nach 24stündiger Selbstverdauung in 200 Cc. Salicylsäure von 2 p. m. 22—25 mgrm. $C_5H_4N_4O, AgNO_3$. Es war nicht schwer diesen Bestandtheil sammt dem Leucin und Tyrosin aus dem Pankreasextracte durch Dialyse zu entfernen, falls ich Sorge trug, im Dialysor mit Essigsäure fortwährend schwach saure Reaction zu erhalten, und wenn die von vornherein gründlich ausgedaute Trypsinlösung dann schwach alkalisch gemacht unter Zusatz des Fäulniss verhütenden Thymols einige Tage für sich digerirt worden, so vermochte ich auch kein neu entstandenes Hypoxanthin darin nachzuweisen [1]). 1500 grm. ungekochten, aus-

[1]) Ich habe die Abwesenheit und das Aufhören der Hypoxanthinbildung hier sowohl, wie beim Magensafte stets so constatirt, dass ich je eine Hälfte der Verdauungsflüssigkeiten ohne Zusatz, gleiche Zeit und bei gleicher Temperatur neben der anderen mit den zu verdauenden Albuminen beschickten, weiter digerirte und hierauf von jeder die ganze Menge zur Untersuchung auf Xanthinkörper verwendete.

Digitized by Google

gepressten Fibrins in 500 Cc. dialysirter, 0,3 pCt. Soda enthaltender Trypsinlösung, 3 Tage unter Zusatz von Thymol verdaut gaben 17 mgrm. salpetersaures Hypoxanthin-Silberoxyd. Ein anderes Mal erhielt ich aus etwa 2500 gr. feuchten Fibrins mit mehr Trypsinlösung 78 mgrm. der Silberverbindung, und als ich Fibrin, welches 1 Tag mit Wasser gekocht und darauf einige Tage mit verdünnter HCl digerirt worden, wobei es besonders im letzteren Falle schon viel Hypoxanthin geliefert hatte, mit dem genannten Trypsin verdaute, erhielt ich eine dritte, immer noch beträchtliche Quantität.

Die Trypsinverdauung erzeugte auch aus coagulirtem Eierweiss Hypoxanthin, und zwar lieferte das Coagulat aus 24 Eiern mit der dialysirten und passend verdünnten Trypsinlösung von 10 grm. Trockenpankreas, nach 48stündiger, schwach alkalischer, unter Thymolzusatz durchgeführter Verdauung 8,5 mgrm. Silberverbindung. Die Menge des Hypoxanthins liess sich durch vorheriges 12stündiges Kochen mit H_2O und 6tägiges Digeriren mit verdünnter HCl, wobei wieder kein Hypoxanthin erhalten wurde, steigern, denn ich erhielt aus solchem, ebenfalls von 24 Eiern gewonnenem Coagulate, durch die nämliche Trypsinverdauung 49,5 mgrm. Silberverbindung, entsprechend 22 mgrm. reinen Hypoxanthins.

Die Trypsinverdauung erzeugt nach *Kühne*'s Beobachtungen bekanntlich sowohl aus den anfänglich entstehenden pankreatischen Peptonen, wie aus den durch Magensaft dargestellten eine Reihe von Zersetzungsproducten, unter welchen besonders Tyrosin und Leucin sicher und als ausschliessliche Zersetzungsproducte nicht der Albumine, sondern der Peptone nachgewiesen sind. Da Sieden mit Wasser und Digestion mit verdünnter Säure auch Peptone erzeugen, so war zu untersuchen, ob das Hypoxanthin nicht vornehmlich ein Zersetzungsproduct dieser sei, und bei jenen Behandlungen überhaupt erst in Folge davon, also in einer

Digitized by Google

zweiten Phase des Processes sich bildete. Ich bereitete desshalb aus reinem mit Alkohol und Aether extrahirtem Fibrin durch Einwirkung dialysirten Magensaftes eine bedeutende Quantität Magen- oder Amphopeptone, indem ich dieselben aus der neutralisirten Verdauungslösung durch Alkohol fällte und durch wiederholtes Lösen und Fällen etwas zu reinigen suchte. Mit sehr wirksamen, dialysirten Trypsinlösungen, bei alkalischer Reaction gründlichst verdaut, lieferten jene Mengen uns gerade so viel salpetersaures Hypoxanthin-Silberoxyd, dass ich dasselbe zersetzen und die Reaction damit anstellen konnte. Amphopepton giebt also jedenfalls nur Spuren von Hypoxanthin.

Nach diesem Befunde habe ich die Spaltung des Fibrins durch SH_2O_4 untersucht. Als Material diente mir schneeweisses, leicht zerbröckelndes, mit Alkohol und Aether vollkommen extrahirtes Fibrin.

Vorversuch. 25 grm. trockenes Fibrin wurden im Kölbchen mit Rückflusskühler zwei Stunden mit 9 grm. concentrirter SH_2O_4 und 50 grm. H_2O bei 100° C. erhalten, die erkaltete gallertige Masse stark mit H_2O verdünnt, worauf das Ungelöste durch Filtriren zu sammeln war.

Die braune Masse des Antialbumids wurde hierauf vom Filter in Soda von 5 pCt. gelöst und durch Neutralisiren mit Essigsäure von Neuem gefällt. Wurde das sehr schwach saure Filtrat mit mehr Essigsäure versetzt, so entstand darin ein Niederschlag, dessen Verhalten ich nicht näher geprüft habe. Das einmal in Soda gelöste und wieder gefällte Antialbumid verhielt sich anders, als das ursprüngliche, denn es löste sich leicht in mässig verdünnter Essigsäure, in HCl von 0,2 pCt., und in SH_2O_4 der Concentration, in welcher es entstanden war, aber nicht in stärker verdünnter.

In der schwefelsauren Lösung des Fibrins fand sich die Hemialbumose und Syntonin, welches letztere durch Neutralisiren mit

Digitized by Google

NaHO flockig niedergeschlagen wurde, während erstere durch Concentration des Filtrates und Fällung mit Alkohol als gummiartige Masse mit K_2SO_4 verunreinigt zu erhalten war. Die dabei übrig bleibende alkoholische Mischung gab mit Kupferacetat verarbeitet beträchtliche Mengen von Xanthinkörpern. Um die Hemialbumose rein zu erhalten, brauchte ich die Alkoholfällung nur mit Wasser zu kochen, und heiss zu filtriren, worauf der Körper sich beim Abkühlen rein weiss abschied.

Hierauf ging ich zu einem Versuche mit grösseren Mengen, nämlich mit: 225 grm. trockenen Fibrins, 1800 C. C. H_2O und 45 grm. concentrirter SH_2O_4 über, welche drei Stunden in einem grossen Wasserbade erhitzt wurden. Um das Antialbumid frei von Hemialbumose zu bekommen, wurde dasselbe nach dem Auswaschen auf dem Filter, mit einem Liter sehr wirksamen Magensaftes 24 Stunden verdaut, welches die Hemialbumose in Hemipepton verwandelte, während das Antialbumid ungelöst zurückblieb. Ich habe das letztere, um recht sicher zu gehen, noch einer zweiten Magenverdauung unterworfen und endlich sehr gründlich ausgewaschen.

Das gereinigte Albumid wurde in der gerade hinreichenden Menge verdünnter Soda aufgelöst und die filtrirte Lösung mit sehr wirksamer, völlig durch Dialyse gereinigter Trypsinlösung digerirt, wobei zunächst die merkwürdige, von *Kühne* erwähnte massenhafte Gerinnung auftrat. Was von dem Gerinnsel nach 36 Stunden nicht in Verdauung gegangen war, wurde abfiltrirt, von Neuem in Soda gelöst und durch neue Trypsinlösung schließlich in 48 Stunden zur Lösung gebracht. In der gesammten Verdauungslösung konnte Nichts gefunden werden als Antipepton, keine Spur von Hypoxanthin, und es waren daraus nach Entfernung des Kupfers mit SH_2 keine Krystalle von Leucin oder Tyrosin zu gewinnen. Die concentrirte Masse nahm mit Cl- oder Bromwasser keine Färbung an.

Digitized by

Hierauf wendete ich mich zur Untersuchung der aus dem Fibrin in die heisse Schwefelsäure übergegangenen Stoffe. Mit NaHO neutralisirt gab die Säure eine aus Syntonin und Hemialbumose bestehende Fällung, während das Filtrat hiervon reichlich neben K_2SO_4 mit Alkohol zu fällende Hemialbumose und Peptone enthielt. Die von den letzteren abfiltrirte, alkoholische Flüssigkeit enthielt: Leucin, Tyrosin, Kalkoxalat, Xanthin und Hypoxanthin. Nach dem Verjagen des Alkohols schied Sieden mit Kupferacetat die Xanthinstoffe aus und ich erhielt aus dem Niederschlage durch die Silbermethode nicht weniger als 79,6 mgrm. reines Hypoxanthin und 49,2 mgrm. reines Xanthin. Aus der kupferhaltigen Flüssigkeit wurden nach Behandlung mit SH_2 nur wenig Leucin und Tyrosin gewonnen, aber krystallinischer oxalsaurer Kalk in beträchtlicher Menge. Ich brauche nicht zu sagen, dass ich das Oxalat genauer untersuchte und kann mich bezüglich desselben auf *Schützenberger* beziehen, der unter den Zersetzungsproducten des Albumins auch viel Oxalsäure fand.

Die Hemialbumose, wie schon erwähnt, aus der Alkoholfällung durch Auskochen und Wiederabkühlen gewonnen, wurde in äusserst verdünnter Soda gelöst, mit dialysirtem Trypsin behandelt. Obwohl der Körper alsbald nicht mehr in der Lösung nachzuweisen war, habe ich selbst nach zweitägiger Digestion keine Spur von Hypoxanthin in derselben nachweisen können.

Wirkung der HCl auf Fibrin bei 100° C.

225 grm. trocknes Fibrin, 1800 Cc. H_2O, 50 grm. HCl von 1,60 spec. Gew. in einem grossen Kolben mit Rückflusskühler 3 Stunden bei 100° C. erhalten, bildeten erst eine gequollene, später eine braune, leimartige, flüssige Masse, welche nur durch starkes Verdünnen und Absetzen filtrirbar wurde. Mehr als die Hälfte des Fibrins schien gelöst zu sein und der Rückstand zum Theil aus Antialbumid zu bestehen. Aus dem klaren sauren

Digitized by Google

Filtrat erhielt ich durch Neutralisiren eine bedeutende Fällung (Syntonin), welche nur wenig Hemialbumose enthielt, die durch Kochen mit Wasser, noch besser durch heisse NaCl-lösung von 5 pCt. zu extrahiren war. Das neutrale Filtrat wurde eingedunstet, mit Alkohol ausgefällt und die alkoholische Flüssigkeit in der schon angegebenen Weise auf Xanthinkörper untersucht; dabei wurden erhalten 23,6 mgrm. Hypoxanthin, 17,9 mgrm. Xanthin. Die Alkoholfällung bestand vorzugsweise aus Peptonen und enthielt sehr wenig Hemialbumose.

Wirkung von HNO_3 auf Fibrin bei 100° C.

225 grm. trocknes Fibrin, 1800 Cc. H_2O, 50 grm. HNO_3 von 1,20 spec. Gew. bildeten zuerst eine beinahe feste Masse, die nach dreistündigem Erhitzen auf 100° C. braun wurde, aber so dick blieb, daß sie heiss mit viel Wasser verdünnt werden musste. Das klare saure Filtrat, das wieder wohl die Hälfte des Fibrins an Lösungsproducten enthielt, wurde durch Neutralisiren fast gallertig; der Niederschlag war sehr reich an durch Kochen extrahirbarer Hemialbumose und enthielt ausserdem Syntonin. Wie früher wurde die neutralisirte, von der Fällung getrennte Lösung nach dem Eindunsten der Alkoholbehandlung unterworfen, welche außer Peptonen ebenfalls viel Hemialbumose ausfällte, während die alkoholische Flüssigkeit die Xanthinkörper lieferte. Aus den Silberverbindungen der letzteren gewann ich wie gewöhnlich durch Abkühlen der heiss bereiteten salpetersauren Lösung die Verbindung des Hypoxanthins, und nachträglich die des Xanthins durch Zusatz von NH_4OH. Gefunden wurden: 32,4 mgrm. Hypoxanthin, 13,7 mgrm. Xanthin.

Es scheint mir bemerkenswerth, dass SH_2O_4 und HNO_3 aus dem Fibrin besonders viel Hemialbumose erzeugen, während HCl, die keinen O enthält, sehr wenig von diesem Körper, der also vielleicht durch Oxydation entsteht, liefert.

Digitized by Google

Bezüglich der Xanthinkörper ergiebt sich, dass 225 grm. trocknen, reinsten Fibrins liefern:

	mit SH_2O_4	HNO_3	HCl.
Hypoxanthin	79,6	32,4	23,6
Xanthin	49,2	13,7	17,9.

Zur Chemie der Descemet'schen Membran.

Von

H. F. A. Sasse,

cand. med. aus Zaandam.

Im Anschlusse an die von *Chittenden*[1]) im hiesigen Laboratorium angestellten Beobachtungen über das chemische Verhalten des Sarkolemms und einiger verwandten Membranen habe ich das der *Descemet*'schen Membran in ähnlicher Weise untersucht. Daß die innere Basalmembran der Hornhaut sich beim Kochen und gegen Säuren anders verhalte, als die Substantia propria corneae und als das Bindegewebe im Allgemeinen, ist lange bekannt; ausserdem zeigten *Ewald* und *Kühne*, dass die Membran, im Gegensatze zu allem leimgebenden Gewebe, durch Trypsinverdauung gelöst wird. Ich habe besonders die letztere Reaction genauer studirt.

Um die Erscheinungen während der Verdauung verfolgen zu können, legte ich Schnitte in Alkohol gehärteter Corneae vom Frosche, Kaninchen, Schweine und Rinde in einen starken Tropfen der genau nach Vorschrift bereiteten, 0,3 pCt. Soda enthaltenden Trypsinlösung[2]), die während der Digestion gewöhnlich

[1]) Vergl. d. folgenden III. Bd. dsr. Unters. S. 171.

[2]) Vergl. diese Unters. Bd. I, S. 173, und Bd. III, S. 222.

Digitized by Google

mit keinem Deckglase bedeckt wurde, und untersuchte das Präparat in allen Stadien bis zum vollkommenen Verschwinden der Membran, das gewöhnlich nach 4—5 Stunden erfolgte. Hierbei fiel eine außerordentliche Verdickung der *Descemet*'schen Membran um das 4—6fache ihres Durchmessers auf, die der Auflösung immer voranging, während der freie Rand grosse wellenförmige Biegungen aufwies, deren Grenzen sich mit zunehmender Auflösung allmählich verwischten. Ablösung der Membran in jenem gequollenen Zustande oder in irgend einem Vorstadium der Verdauung wurde nicht beobachtet. Der ganze Vorgang muss als ein ausschliesslich digestiver angesehen werden, da das Object sich nach tagelangem Erwärmen in zuvor gekochter Trypsinlösung, trotz erhaltener Alkalescenz derselben, gar nicht veränderte.

Nach dem Schwinden der *Descemet*'schen Haut fiel mir an dem unveränderten Reste der Substantia pr. corn. eine ausserordentlich scharfe Begrenzung der Innenfläche auf, die den Eindruck einer besonderen, vielleicht unter der *Descemet*'schen befindlichen Membran machte. Um darüber Aufschluss zu gewinnen, versetzte ich die Cornea durch einige Minuten dauerndes Sieden der Schnitte mit Wasser in den Zustand, in welchem sie selber für Trypsin löslich wird, und untersuchte die nach längerer gründlicher Verdauung bleibenden Reste. Wider Erwarten fand ich die *Descemet*'sche Membran jetzt oft so resistent, dass sie zurückblieb, nachdem die Cornea bereits gelöst war, und dann nur sehr allmählich, nach 12—24 Stunden verschwand. Bei meinen ersten Versuchen lag dies, wie sich später herausstellte, an fehlerhafter Bereitung der Trypsinlösung, aber ich bin auch bei den besten Verdauungsflüssigkeiten zuweilen auf dasselbe Verhalten gestossen und muss nach sehr zahlreichen Versuchen sagen, dass hier eine Inconstanz (vielleicht vom Lebensalter bedingt, das, wie bekannt, beim Menschen Einfluss auf die Dicke

Digitized by Google

der M. Descemetii hat) vorliege, da ich andererseits auch vollständiges Schwinden der Membran beobachtete. In den letzteren Fällen schien das Kochen dieselbe übrigens meist langsamer löslich gemacht zu haben; doch beobachtete ich auch Fälle, in denen sich die Verdauungszeit gar nicht verändert hatte. Dass die Cornea bald vor, bald nach der *Descemet*'schen Membran in Lösung ging, begreift sich hiernach. Trat das Letztere ein, so wurde die Cornea nach hinten wieder von auffallend scharfen Linien begrenzt gefunden, aber es gelang nicht, von den Schnitten Reste zu erhalten, an denen man die vermuthete Zwischenmembran hätte constatiren können. Wo die *Descemet*'sche Haut nach dem Kochen verdaut wurde, fehlte das der ungekochten eigenthümliche Aufquellen, oder es entwickelte sich nur eine unbedeutende Verdickung, wobei oft zahlreiche parallele, glatte Streifen darin sichtbar wurden.

Um das Verhalten des frischen, nicht mit Alkohol behandelten Objectes kennen zu lernen, habe ich sowohl ganze Hornhäute, wie abgezogene Fetzen der *Descemet*'schen Haut der Verdauung unterworfen. Die letzteren wurden leicht in 4—5 Stunden verdaut, während man sich an den ersteren so viel später erst von dem Verluste der inneren Haut überzeugen konnte, dass mir ein die Verdauung erschwerender Einfluss des Haftens der Membran gegen die Substanz der Cornea wahrscheinlich bleibt. Auch hier trat starke Quellung vor der Auflösung auf und wiederum wurde diese Erscheinung vermisst an vorher gekochten Präparaten. Meine Voraussetzung, von ganzen gekochten Hornhäuten nach vollendeter Verdauung das vorgenannte Zwischenlager als unlöslichen Rest zu erhalten, bewährte sich, denn ein solches blieb in der That in Gestalt eines faltigen, zarten und sehr trüben Häutchens zurück. Gleichwohl nehme ich Anstand, dasselbe für eine besondere präexistirende Membran zu nehmen, denn nichts verbürgt bis jetzt, dass jener Rückstand nicht eine durch

Digitized by Google

Kochen unverdaulich oder sehr schwer verdaulich werdende, nach der Auflösung eines andern verdaulich bleibenden Antheiles, in eigenthümlicher Form zurückbleibende Substanz darstelle, welche vielleicht durch die ganze Dicke der M. Descemetii verbreitet vorkommt. Es wird um so schwerer sein hierüber zu entscheiden, als die gekochte Membran im Verlaufe der Verdauung nur allmählich zu dem genannten trüben Häutchen einzugeben scheint.

Durch $^1/_2$—1stündiges Behandeln einer Froschcornea mit OsO_4 von 0,5 pCt. wurde die *Descemet*'sche Membran bedeutend resistenter gegen Trypsinverdauung, so dass die Auflösung bestenfalls erst nach 12—24 Stunden erfolgte. Kochen der aus der OsO_4 genommenen und gewaschenen Präparate bewirkte constant leichte Verdaulichkeit des Cornealgewebes, während die *Descemet*'sche Membran noch resistenter, in vielen Fällen ganz unverdaulich geworden zu sein schien.

Aus diesem Verhalten der *Descemet*'schen Membran geht hervor, dass die chemische Zusammensetzung derselben weder mit dem der leimgebenden Gewebe, noch mit dem des Sarkolemms und der von *Chittenden* (a. a. O.) untersuchten Membranae propriae übereinstimmt. Ebenso verschieden fand ich die Membran vom elastischen Gewebe, da die Verdaulichkeit des letzteren durch Kochen mit Wasser niemals vermindert zu werden scheint und elastische Fasern (vom Oberschenkel des Kaninchens) obwohl durch Trypsin verdaulich, bei der von mir angewendeten Behandlung auf dem Objectträger nach 24 Stunden kaum verändert wurden.

Das Sarkolemm wird nach *Froriep*'s Angabe durch längeres Kochen mit Salicylsäure von 1 pCt. aufgelöst. Ich habe die Versuche *Froriep*'s wiederholt, indem ich Froschsartorien, mittelst der Sehnenenden gespannt, erst 3 Tage in eine alkoholische Lösung von $2^1/_2$ pCt. Salicylsäure legte, dann 2 Stunden in einer wässrigen Lösung der Säure von 1pCt. kochte und ich habe darauf

Digitized by

den vollständigen Verlust des Sarkolemms bestätigen können. Durch *Chittenden*'s Erfahrungen über die hierbei möglichen Täuschungen vorbereitet, habe ich nichts unterlassen, um diesen zu entgehen, und ich kann darum umsomehr für die Richtigkeit der *Froriep*'schen Beobachtung eintreten. Wie vorauszusehen, war das Sehnen- und Zwischenbindegewebe der Muskeln bis auf die Zellen und elastischen Elemente aufgelöst, so dass die Muskelfasern überaus leicht zu isoliren und auf die Erhaltung ihres Sarkolemms zu prüfen waren: ich habe nirgends eine Spur des letzteren gefunden und weder irgendwo die *Chittenden*'schen Ringe, noch Fetzen oder andere Gebilde an den Sehnenenden bemerkt, die als Reste veränderten und geschrumpften Sarkolemms anzusehen gewesen wären. Auch in der Salicylsäurelösung, die vollkommen klar war, so lange sie warm blieb, fand sich nichts suspendirt. Wir haben es hier also mit einem eigenthümlichen Verhalten des Sarkolemms in kochender Salicylsäurelösung zu thun, das in der Gewebsanalyse vielleicht noch zu einem wichtigen Mittel wird; doch bin ich weit entfernt dasselbe so kurzer Hand und in dem Sinne, wie *Froriep* es gethan, zu verwerthen, da ja grade der Fall vorliegt, dass Gewebe, erwiesenermassen nicht leimgebender Natur, in diesem einen Punkte mit der Bindegewebsfibrille übereinstimmen, was selbstverständlich Differenzen in zahlreichen anderen Reactionen und schliesslich in der chemischen Constitution der Gewebsbildner nicht ausschliesst. Natürlich habe ich auch die *Descemet*'sche Membran genau in der bei den Muskeln befolgten Weise mit Salicylsäure behandelt. Das Ergebniss war ein negatives: die Membran wurde nicht angegriffen, als ich Stücke derselben oder ganze Froschcorneae der Behandlung unterwarf. Uebrigens erwies sich dasselbe auch ohne sichtbaren Einfluss auf Fibrinflocken und Stückchen von geronnenem Eiweiss.

Da die Trypsinverdauung wesentlich auf Albumine und wohl

Digitized by Google

auf diesen nächst verwandte Substanzen wirkt, wurden noch einige der gebräuchlichen Farbenreactionen mit gut ausgewaschenen Stücken der *Descemet*'schen Membran versucht. Die sogenannte Xanthoproteïnreaction ergab überaus kräftige orange, die *Millon*'sche intensiv rothe Färbung, während Sehnengewebe, das mit Trypsin von albuminösen Bestandtheilen gereinigt worden, nur Andeutungen jener Farben zeigte. Mit Natronlauge getränkte *Descemet*'sche Membranen färbten sich auf Zusatz höchst verdünnter Kupferlösung schön lila.

Heidelberg, den 1. October 1879.

Beiträge zur Histochemie des Sehepithels.

Von **R. H. Chittenden.**

Wird eine in NaCl von 0,5 pCt. suspendirte frische Retina des Frosches allmählich erwärmt, so sieht man sie bei 45° C. schnell weiss und opak werden und beim mikroskopischen Anblicke stark getrübt. Die Trübung ist am stärksten in der vorderen breiten granulirten Schicht, sowie in den Aussen- und Innengliedern der Stäbchen und Zapfen, während sich die Ganglienschicht etwas weniger, noch weniger die fibrilläre Opticusausbreitung, am wenigsten, vielleicht gar nicht, die inneren Körner getrübt erweisen. Durch Zerfasern solcher Netzhäute erhält man, wegen der Erstarrung bestimmter Antheile des Gewebes, leichter und für viele Zwecke geeignetere Präparate von grosser Schärfe und Klarheit, als nach den nahezu Alles erhärtenden Behandlungen mit Chromaten oder OsO_4. Dasselbe gilt für das aus dem halbirten oder unversehrt erwärmten Bulbus entnommene Pigmentepithel,

Digitized by Google

dessen Zellen zwar kaum getrübt erscheinen, aber die bei der Untersuchung des frischen Objectes störende Weichheit verloren haben. Unterschiede zwischen lange belichteten und dunkel gehaltenen Augen sind nur insofern zu bemerken, als das Epithel aus den ersteren mit der Netzhaut ausschlüpft, aus den letzteren nur, falls der Bulbus erst einige Zeit nach dem Tode erwärmt worden. Dagegen haftet das Epithel sehr fest an der Stäbchenschicht dunkel gehaltener, auf 100° C. erhitzter Augen und die daraus durch Zerzupfen erhaltenen Epithelzellen zeigen sich mit langen, pigmentlosen Fortsätzen, welche bis an die M. limitans ext. reichen, besetzt.

Ohne Zweifel beruht die Wärmestarre der Netzhaut auf Gerinnung von Eiweissstoffen, welche auch im Sehepithel enthalten sein müssen. Hieran mag bezüglich des Deckepithels und der Innenglieder der Stäbchen und Zapfen überhaupt nie gezweifelt sein, wir sehen aber, dass es sich hier um Eiweissstoffe handelt, die bei niederer Temperatur gerinnen, und erfahren es ausserdem von den Aussengliedern der eigentlichen Sehzellen, deren chemischer Bau noch wenig bekannt ist. In Uebereinstimmung mit dem Albumingehalte aller Theile des Sehepithels steht das bekannte Verhalten derselben gegen sämmtliche Eiweiss coagulirenden Mittel (Sublimat, Salpetersäure u. s. w.), worin auch die Stäbchenaussenglieder schrumpfen und trüb werden.

Da die Netzhaut nach längerem Liegen bei gewöhnlicher Temperatur trübe wird, dürfte auf eine der Leichenstarre der Muskeln ähnliche Gerinnung darin zu schliessen sein, worauf übrigens schon die beim Absterben sich entwickelnde Unlöslichkeit des Sehpurpurs für Galle deutet. Ich habe es vortheilhaft gefunden, statt der natürlichen Erstarrung die künstliche und viel bedeutendere, jeden Augenblick bei 45° C. zu erzielende, als Mittel zur weiteren Untersuchung zu verwenden.

Wärmestarre Froschretinae mit Galle irgendwelcher Concen-

Digitized by Google

tration behandelt, geben trotz starker Erweichung niemals Sehpurpur an dieselbe ab; sie verhalten sich in diesem Punkte also wie einfach abgestorbene, und die mikroskopische Untersuchung lehrt, dass die Stäbchen auch in ganz anderer Weise von der Galle verändert werden, als im frischen oder überlebenden Zustande.

Betropft man eine frische Froschretina mit Galle von $2^1/_2$ pCt., in welcher zur Verhütung der Fäulniss etwas Thymol gelöst worden, so scheint die Membran in einigen Stunden nahezu vollständig zu verschwinden und es wird nur durch einen Kunstgriff möglich, die wirklich ungelöst bleibenden Antheile zu erkennen. Ich fand es zweckmässig, die Masse etwa zehnfach mit Wasser zu verdünnen und in einem Becherglase so lange mit Alkohol zu versetzen, bis die ersten Eiweissfällungen entstanden, die ich darauf durch Absetzen in einem Spitzglase sammelte, durch Decantiren und mit der Pipette auffing, in wenig Wasser vertheilte und wieder zu Boden gehen liess. So ist man sicher, die in Galle unlöslichen Reste sämmtlich zu erhalten und zu erkennen. Ausser Radialfasern, spongiöser Substanz, und den Gefässen der M. hyaloïdea fand ich vor Allem Reste der Stäbchenaussenglieder in grosser Menge, aber dieselben waren zu feinen, gewundenen und runzligen Fäden zusammengegangen, die nur durch genaue, während der allmählichen Entstehung dieser Formen unter dem Mikroskope zu erwerbende Bekanntschaft mit dem Objecte, als Abkömmlinge der Stäbchenaussenglieder zu erkennen waren. Dieselben wurden nicht angegriffen durch Kalilauge von 2 pCt., nahmen mit OsO_4 keine Färbung an und wurden nur schwach gelb nach successiver Behandlung mit HNO_3 und NH_3. Es handelte sich also um die reinen, allen Inhaltes beraubten Keratinhüllen der Stäbchen.

Der gleiche Versuch mit wärmestarren Netzhäuten angestellt, ergab viel beträchtlichere Reste der Stäbchen, von eigenthüm-

Digitized by Google

lichem Glanze und theilweise noch soweit erhaltener Form, dass Andeutungen der Plättchenstructur kenntlich blieben. Mit OsO_4 färbten sich die Stäbchenreste erst nach langer Einwirkung gelblich bis hellbraun, während die sog. Xanthoproteïnsäurereaction sehr deutlich ausfiel. Ich schliesse hieraus, dass die Stäbchenaussenglieder in einer Keratinhülle, neben den durch OsO_4 stark zu färbenden myelogenen Stoffen, auch einen Eiweisskörper enthalten, der bei 45° C. gerinnt und nach der Gerinnung für Galle unlöslich wird. Mehr Eiweiss wird als Rest erhalten aus gekochten Netzhäuten, die in Galle überhaupt nur wenig veränderlich sind und deren Stäbchen darin unter geringer Volumveränderung auch schwer von dem durch OsO_4 intensiver zu färbenden Antheile befreit werden. Durch Behandlung mit Alkohol vor dem Einlegen in Galle wird Aehnliches erzielt, nur mit dem Unterschiede, dass OsO_4 die Stäbchen begreiflich kaum färbt.

In der Trypsinverdauung gab es ein Mittel aus der wärmestarren, oder selbst gekochten Netzhaut die geronnenen Albumine der Sehzellen zu entfernen, während umgekehrt die myelogenen Stoffe zurückbleiben mussten. Dieser Voraussetzung entsprachen die Reste der Stäbchen, welche ich nach Verdauung mit alkalischer Trypsinlösung erhielt, wirklich, aber ich habe es nicht dahin bringen können, den sehr bedeutenden Rückstand myelogener, stark auf OsO_4 reagirender Stoffe, der in den Stäbchenhüllen blieb und überall an die Plättchenstructur erinnerte, so frei von Albuminen zu erhalten, dass die Xanthoproteïnsäurereaction in dem Grade schwächer ausfiel, als ich erwartet hatte. Wie es scheint, liegt dies an einer durch die Behüllung der Albumincoagulate mit den myelogenen Materien bedingten Verzögerung der Verdauung, denn als ich mit Alkohol extrahirte und ausserdem mit Wasser gekochte Netzhäute nach der Trypsinwirkung untersuchte, fand ich von den Stäbchen nur die seit *Kuhnt*'s Untersuchungen bekannten Keratinhüllen, die sich mit NHO_3 und NH_3

Digitized by Google

ihrer geringen Masse entsprechend, schwach färbten. Am vollkommensten habe ich mich von dem Umstande, dass hiernach nur Scheiden der Stäbchen übrig bleiben, an solchen Netzhäuten überzeugen können, die zunächst mit OsO_4 von 1 pCt. gründlich geschwärzt, dann mit Alkohol extrahirt, mit Wasser gewaschen und verdaut waren, denn hier fand ich manche Stäbchen, die an einem oder an beiden Enden noch geschwärzte Reste enthielten, während sich dieselben in ihren vollkommen entfärbten Antheilen als kaum gefaltete dünnwandige Röhrchen darstellten. Neben Albuminen enthalten die Stäbchenaussenglieder jene Materien, denen sie den eigenthümlichen Glanz und die starke Lichtbrechung verdanken und von welchen man seit *Max Schultze* und *Rudnew* die auffallende Reaction gegen OsO_4 kennt. Letztere erinnert bekanntlich an die des Nervenmarkes, welche ebenfalls von nicht albuminösen, sondern von in Alkoholäther (aber auch in Galle) löslichen Stoffen herrührt. Man kann die fragliche Materie als den myelogenen Antheil bezeichnen und wenn das ganze Nervenmark Myelin heissen soll, so empfiehlt es sich nach dem Vorgange *Kühne*'s das Stäbchenmark als „Myeloïd" zu benennen, da dasselbe von jenem in der OsO_4-Reaction durch die mehr zum Grün, niemals zum Blau, wie beim Nervenmarke, neigende Färbung abweicht. Dass mit Galle extrahirte Stäbchen ebenso wie gleichbehandelte Nerven, auf OsO_4 nicht mehr reagiren, wurde vorhin erwähnt, und wir wissen jetzt auch, dass das Myeloïd der Albumine beraubt werden kann, ohne aufzuhören durch OsO_4 schnell und intensiv gefärbt zu werden. Ich muss hervorheben, dass das Myeloïd auch in diesem, irgendwie hergestellten Zustande nicht die bläuliche Nuance des mit OsO_4 gefärbten Myelins annimmt.

Ebenso wie den Nerven, wird den Stäbchen der OsO_4 reducirende Antheil durch Aether und durch kalten Alkohol entzogen, und ich bemerkte, dass der letztere dazu weitaus am brauch-

Digitized by Google

barsten ist, da es mir schon nach kurzer Einwirkung desselben gelang, nicht mehr zu schwärzende Stäbchenschichten zu gewinnen. Mit Aether gelang dies erst nach tagelanger Einwirkung, obwohl die Stäbchen bald sehr verändert, in starkem Plättchenzerfall und bedeutend auf Kosten der Dicke in die Länge gezogen erschienen. Ich habe nicht untersucht, ob die Wirkung beschleunigt werde durch vorheriges Trocknen der Netzhaut, weil das Verfahren zu schlechte mikroskopische Objecte versprach, aber ich habe mich überzeugt, dass Netzhäute, denen der Aether selber bereits das Wasser entzogen hatte, noch weit entfernt waren mit OsO_4 ungefärbte Stäbchen zu liefern. Fast ohne Einfluss fand ich in dieser Beziehung das Benzol, welches nach *Kühne* Cerebrin leicht auflöst, obwohl die Netzhäute darin so hart und brüchig geworden waren, dass ich auf das Eindringen des Mittels rechnen durfte. Nach längerem Verweilen in Benzol wurden die Präparate übrigens an sich schon schwach bräunlich.

Das Stäbchenmyeloïd gewinnt besonderes Interesse durch die von *Ewald* und *Kühne* in den Pigmentzellen der Retina gefundenen farblosen Klümpchen, die den Reactionen nach, abgesehen von der Unterscheidung vom Epithelfette, wofür sie bis dahin gegolten hatten, für Myeloïdkörner gehalten werden mussten. Neuerdings hat *Angelucci*[1]) (ohne Angabe seiner Quelle) die Mittheilungen von *Ewald* und *Kühne* über das Verhalten dieser Körner wiederholt und, wie es scheint, auch durch eigene, freilich weniger ausgedehnte Beobachtungen bestätigt. Ich glaube einige weitere Uebereinstimmungen zwischen dem Myeloïd der Epithelkörner oder Klümpchen und der Stäbchen vorbringen zu können. Vor Allem liegen diese in den Veränderungen der Löslichkeit der Körner für Galle durch Erwärmen auf 45° und höhere Temperaturen, wovon ich mich um so leichter zu überzeugen vermochte, als die wärmestarren Epithelzellen selber nicht

[1]) Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. 1878. S. 353.

Digitized by Google

mehr von der Galle gelöst wurden, was die Beobachtung sehr erleichterte. An gedrückten Objecten mit freien Myeloïdkörnern war ebenfalls nichts von der merkwürdigen Auflösung in Galle zu sehen, welche das frische Object zeigt. Ferner gelang es mir die Körner nach der Coagulation sowohl mit Galle, wie mittelst Alkohol und Aether der OsO_4-Reaction zu berauben, insofern die überhaupt langsamer, als Stäbchen im Allgemeinen, dunkel werdenden Gebilde auch nach tagelangem Liegen in starkem Ueberschusse der Säure nur gelb bis hellbräunlich wurden. Die Extraction hat hier länger als bei den Stäbchen zu dauern, da das Protoplasma, worin die Körner vergraben liegen, derselben Hindernisse zu bereiten scheint. Meine Bemühungen, die von dem myelogenen Antheile befreiten Albumine der Myeloïdkörner durch die Löslichkeit in Trypsin, oder durch andere Eiweissreactionen so nachzuweisen, wie es bei denen des Stäbchenmarkes geschehen war, scheiterten einestheils an der Schwierigkeit sich in dem Pigmentbreie, der nach der Zersprengung und Auflösung der Epithelzellen zurückblieb, sicher von der Abwesenheit der Körner, von welchen ich freilich nach der Verdauung nichts mehr vorfand, zu überzeugen, anderntheils an der Unmöglichkeit Eiweissreactionen an einem Objecte anzustellen, das nur ganz von Protoplasma umgeben vorkommt.

Heidelberg, den 1. October 1879.

Zum chemischen Verhalten des Sehpurpurs.

Von **W. C. Ayres.**

Nach *Kühne*'s Beobachtungen schlägt die Extraction des Sehpurpurs aus den Stäbchen fehl, wenn die Retina bis zur Trübung abgestorben ist, ein Umstand, der die Darstellung des

Digitized by Google

Farbstoffs aus Säugernetzhäuten, welche denselben in größerer Menge liefern könnten, in unangenehmer Weise erschwert. In der Vermuthung, dass der Purpur unlöslich werde durch einen der Leichenstarre ähnlichen Gerinnungsvorgang, habe ich versucht, das Absterben der Netzhautgewebe unter Umständen vor sich gehen zu lassen, die geeignet schienen, albuminöse Gerinnungen entweder zu verhüten oder entstandene Gerinnsel sogleich wieder in Lösung zu bringen.

Nach bekannten Erfahrungen am Myosin der Muskeln empfahl sich NaCl-Lösung von 10 pCt. Froschnetzhäute, die ich frisch in die Salzlösung gebracht hatte, quollen alsbald zu einer schleimigen Masse auf, und diese fand ich nach tagelangem Stehen noch brauchbar zur Extraction des Purpurs mit Galle von 2,5 pCt., so dass ich prächtig gefärbte klare Filtrate gewann. Dasselbe glückte mit Kaninchennetzhäuten, welche 24 Stunden in der Salzlösung gelegen hatten.

Die erhaltenen Purpurlösungen zeichneten sich durch besondere Klarheit und Haltbarkeit aus; doch fand ich, dass die Fäulnissfähigkeit noch geringer wird, wenn man die gewöhnlichen Purpurcholatlösungen mit einer gesättigten Salzlösung auf den vollen Gehalt von 10 pCt. NaCl bringt. Benzoësaures Natrium, das besonders *Klebs* als Desinficiens empfiehlt, gab ebenfalls gute Resultate, obschon es damit, wenigstens bei Zusätzen von 1—2 pCt., nicht gelang, die Fäulniss d a u e r n d zu verhindern.

Bei weiterem Suchen nach Methoden zur Entziehung des Sehpurpurs aus abgestorbenen Netzhäuten stiess ich auf ein unerwartetes Verhalten des Farbstoffs. Als ich Retinae der Wirkung von Trypsin und Galle gleichzeitig unterwarf, vermisste ich nicht nur allen Uebergang der Farbe in die Lösung, sondern es wurde auch der ganze ungelöst gebliebene Rückstand farblos gefunden. Ich erwärmte nun eine fertige, klare Purpurlösung in Galle von 2,5 pCt. auf 35° C. und versetzte sie mit dem gleichen Volum einer

Digitized by Google

0,3 pCt. Soda enthaltenden Trypsinlösung, die ausserdem 2 pCt. Natriumbenzoat enthielt.

Schon nach einer halben Stunde fand ich die Lösung gelb und später etwa so blassgelb, wie die Trypsinlösung an sich aussah; es war also aller Sehpurpur zersetzt. Die Versuche wurden vielfach variirt, die Trypsinlösung neutralisirt, mit und ohne Benzoatzusatz angewendet, die Concentration der Galle und das Verhältniss zwischen Purpurlösung und Verdauungsflüssigkeit gewechselt: aber immer beobachtete ich eine nur von der Menge des Trypsins zeitlich abhängige Entfärbung, und dass dieselbe ausschliesslich vom Trypsin und dessen digestiver Wirkung herrührte, bewies die tagelange Erhaltung der Farbe in erwärmten Controlproben, deren Trypsinzusatz vorher gekocht worden. Einmal in Galle aufgelöster Sehpurpur widersteht also der pankreatischen Trypsinverdauung nicht.

Diese Thatsache war um so weniger zu erwarten, als *Kühne* die vollkommene Erhaltung der Netzhautfarbe während der Trypsinverdauung festgestellt hatte. Ich habe mich wiederholt von dieser Unzerstörbarkeit des ungelösten Purpurs überzeugt und auch bemerkt, dass zuvor in NaCl von 10 pCt. schleimig gewordene Netzhäute, sowie in NH_3 [1]) gequellte in den wirksamsten pankreatischen Verdauungsflüssigkeiten, nach tagelangem Erwärmen einen Bodensatz von unveränderter, lichtempfindlicher Purpurfarbe hinterliessen, dem sich so lange nichts Missfarbenes beimischte, als der Benzoatzusatz die Fäulniss wesentlich einschränkte.

Da die nach *Kühne*'s Angaben bereitete pankreatische Ver-

[1]) Ich benutze die Gelegenheit, um meine frühere Angabe, dass NH_3-Zusatz die Bleichungszeit der Froschnetzhaut am Lichte bedeutend verlängere, zu berichtigen. Nach Beobachtungen von Herrn *Ayres*, denen ich beiwohnte, ist ein solcher Einfluss des NH_3 am Tageslichte sehr verschiedener Intensität nicht zu bemerken, wenn man genau vergleichend verfährt.

W. K.

Digitized by Google

dauungsflüssigkeit nur Trypsinwirkung und keine Wirkung auf Fette und Stärke zu besitzen pflegt, so war zunächst nur an einen, der digestiven Eiweissspaltung ähnlichen, den Sehpurpur zersetzenden Vorgang zu denken; doch mag daran erinnert werden, dass das aus Ochsenpankreas dargestellte Trypsin, ebenso, wie das Laab des Magens Caseïn in neutraler Lösung coagulirt[1]). Gemischter Speichel vom Menschen, den ich ebenso unbeschadet von der Gegenwart der Galle auf Stärke wirksam fand, wie das Trypsin auf Fibrin, veränderte die Farbe der Sehpurpurlösung gar nicht.

Meine Beobachtungen sind nicht ausgedehnt genug, um mir Erörterungen über die chemische Natur des Sehpurpurs zu gestatten, welche nach dem Verhalten dieses Farbstoffes gegen ein Enzym, von dem man ausschliesslich Wirkungen auf Albumine oder diesen verwandte Körper kennt, nahe liegen würden. Ich darf mir aber erlauben noch an den merkwürdigen, auf eine chemische Verbindung des Sehpurpurs mit irgend einer anderen in den Stäbchen befindlichen Substanz deutenden Umstand zu erinnern, der in der Unzugänglichkeit der Netzhautfarbe für die Trypsinwirkung, vor der durch die Galle erzeugten Trennung des Farbstoffs von dem natürlichen Substrate liegt. Bemerkenswerth ist endlich, dass intensivste Fäulniss, wie ich wiederholt bestätigt fand, den Sehpurpur selbst bei 40° C., weder in der Retina, noch in der Cholatlösung, trotz der Zersetzlichkeit letzterer durch Trypsin, verändert.

Heidelberg, im August 1879.

[1]) Vgl. *W. Kühne.* Verhandl. d. naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg. Bd. I. Heft 4. 2. Mai 1876.

Digitized by Google

Beobachtungen über die Absonderung des Pankreas[1].

Von

W. Kühne und A. Sh. Lea.

Mitgetheilt von **W. Kühne.**

(Mit Taf. 2—6 und einem Holzschnitt.)

Die folgende Darstellung einiger Erscheinungen an der lebenden Bauchspeicheldrüse bezieht sich auf Beobachtungen und Erfahrungen einer langen, bis zum Jahre 1868 zurückliegenden Zeit, seit welcher ich wiederholt den Versuch gemacht habe, ein möglichst vollständiges Bild dessen, was von den Vorgängen in einer lebenden Drüse des Säugethieres überhaupt sichtbar ist, zu gewinnen. Die Anregung zu diesen gelegentlich immer wieder aufgenommenen Versuchen darf ich auf *Cl. Bernard*'s erste Darstellung des Kaninchenpankreas zurückführen, in welcher zum ersten Male das Aussehen lebensfrischer, wegen ihrer flachen und dünnen Ausbreitung der mikroskopischen Untersuchung vollkom-

[1] Eine kurze Mittheilung dieser Untersuchungen wurde im October 1876 in den Verhandlungen des Naturhistorisch-Medicinischen Vereins zu Heidelberg publicirt. Z. Th. durch die Rückkehr Herrn *Lea*'s nach Cambridge verzögerte sich die ausführlichere Publication, obwol die Tafeln schon 1878 gedruckt waren. In Folge dieser Verzögerung sind der 3. u. 4. Band der „Untersuchungen aus dem physiologischen Institute zu Heidelberg" erschienen, bevor das vorliegende Heft 4 des 2. Bandes vollendet war und die vor stehenden Arbeiten der Herren *Krukenberg*, *Chittenden*, *Sasse* und *Ayres* seit lange durch Separatabzüge bekannt geworden, obgleich sie jetzt erst in die weitere Oeffentlichkeit treten. *W. K.*

Digitized by Google

men zugänglicher Drüsenläppchen und unberührter Secretionszellen beschrieben wurde. 1856 ist *Bernard*'s berühmtes „Mémoire sur le pancréas“ erschienen mit der Abbildung jenes wichtigen Objectes auf Taf. 1—2, Fig. 6 und erst 1869 findet sich in der Dissertation von *P. Langerhans* ein Hinweis darauf. Heute ist es nach *Heidenhain*'s eingehenden physiologischen Arbeiten über das Pankreas und besonders nach der schönen Zusammenstellung derselben in dem von *L. Hermann* herausgegebenen Handbuche der Physiologie, unnöthig ein Wort über die Bedeutung der ersten *Bernard*'schen Beobachtung hinzuzufügen. *Cl. Bernard* nährte auch die Hoffnung, es werde einmal gelingen, am Kaninchenpankreas die Secretion im Lebenden zu sehen.

Es mag Schuld der Einrichtung unserer Mikroskope sein, daß derartige Beobachtungen so lange auf sich warten ließen. Nachdem ich vielfach vergeblich versucht hatte, das Kaninchenpankreas bei genügender Vergrößerung zu untersuchen, glückte es *Langerhans*, das des Triton, welches leichter zugänglich ist, mit erhaltener Blutcirculation zu betrachten; die Drüse war aber nicht in genügender Ausdehnung durchsichtig und schien überhaupt weniger geeignet, wol weil sie nicht so acuten Veränderungen unterliegt, wie die des Säugethiers. Erst als mir im Jahre 1868 ein größeres Mikroskop von *Powell* und *Lealand* zur Verfügung stand, sah ich mich der Erfüllung des alten Wunsches nahe, Beobachtungen am Mesenterium der Duodenalschlinge und dem darin liegenden Pankreas anzustellen und dieser Zeit entstammt ein großer Theil des Folgenden, sowie der von Herrn *Lea* und mir in den Verhandlungen des hiesigen naturhistorisch-medicinischen Vereins am 26. Oct. 1876 kurz mitgetheilten Befunde. Ich muß dies erwähnen, weil manches den Fachgenossen weit früher bekannt geworden ist, was sie hier zum ersten Male eingehender mitgetheilt finden.

Wenn man nach den Einrichtungen fragt, welche zu mikro-

Digitized by Google

skopischen Untersuchungen am lebenden Säugethiere gedient haben, so vernimmt man aus Wort und Bild in der Regel, daß irgend ein recht unvollkommenes Gestell eines alten Mikroskops mit neueren Objectiven versehen an das meist sehr sinnreich und mit allem experimentellen Comfort unserer Tage umgebene und fixirte Object gebracht wurde und muß es dann erklärlich finden, daß unsere Vorgänger mit den ersten, heute mitleidig belächelten Mikroskopen grade Einiges beobachteten, was den jetzigen Instrumenten, besonders den mit solidester Tischeinrichtung versehenen, fast unzugänglich scheint. Diesen später entstandenen und empfundenen Schwierigkeiten, deren Ueberwindung einer früheren Zeit nicht zugetraut wurde, werden es die ausgezeichneten Forscher an der Wende des 17. Jahrhunderts zu danken haben, daß ihre Entdeckungen ganz in Vergessenheit geriethen. Sind doch die schönen Beobachtungen von *W. Cowper*[1]) über den Blutlauf im Mesenterium der Katze und des Hundes so vollständig vergessen worden, daß 1856 *R. Wagner*[2]), 1870 *Burdon-Sanderson* und *Stricker*[3]) die Erscheinung am Warmblüter zum ersten Male gesehen zu haben glaubten; höchstens wurde *Leeuwenhoek* die Beobachtung am Fledermausflügel zuerkannt und 1875 mußten wir erleben, daß der mikroskopische Anblick des kreisenden Blutes in der Froschlunge, mit dem *Malpighi* 1686 die Lehre vom Kreislaufe zuerst über jeden Zweifel erhoben hatte, für etwas neues gehalten wurde. Nichts hätte *W. Cowper* vor 180 Jahren hindern können, das Kaninchenpankreas im Lebenszustande zu betrachten, wenn es für ihn Interesse gehabt hätte.

Was mich zuerst verhinderte, die Untersuchungen fortzusetzen, war die Schwierigkeit, die freiliegende Darmschlinge ge-

[1]) Philos. Transact. XXIII. p. 1182.

[2]) Göttinger Nachr. 1856. S. 217. S. 226 berichtet *Wagner* auch über einen erfolglosen Versuch die Blutbewegung im Pankreas zu sehen.

[3]) Quart. Journ. of Micr. Sc. X S. 362.

Digitized by Google

nügend vor Schädlichkeiten zu bewahren. Das Object mußte mit Salzlösung oder Serum angepinselt werden, wodurch das Instrument beschmutzt wurde, und der Abkühlung vorzubeugen, war schwierig. Ich ließ ein kleines Treibhaus bauen, welches das ganze Mikroskop mit dem Kaninchen aufnahm und aus dem nur das Ocular durch einen starken Tuchvorhang herausragte, durch welchen man mittelst zweier Handlöcher zum Objecte gelangte, während sich dasselbe in erwärmter und mit Wasserdampf gesättigter Luft befand. Das Verfahren erlaubte nur mit Immersionssystemen zu arbeiten und war sehr mühsam und unbequem. Erst durch die sinnreiche von Herrn Collegen *Thoma* für Untersuchungen am Frosche eingeführte Irrigation[1]) kam ich auf das Richtige, indem ich die fließende Salzlösung auf Bluttemperatur brachte. Herr *Thoma* hat das Verfahren und was es für dauernde Beobachtungen des Blutlaufes bei Säugethieren leistet, inzwischen so eingehend beschrieben, daß ich bezüglich dieses Punktes auf seine bekannte Arbeit[2]) verweisen darf.

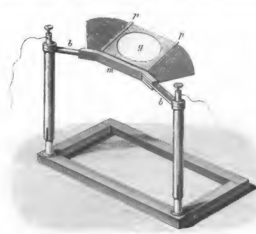
Die Einrichtung, deren ich mich mit Herrn *Lea* im Frühjahre und im Sommer 1876 bediente, und welche dieser mit vielem Geschick und großer Ausdauer verwendete, war etwas einfacher. Wir haben das Kaninchen nicht mit Curare vergiftet und es selbstständig athmen lassen. Das Thier wurde zuweilen mit Chloral, später immer mit Aether narkotisirt unvollkommen immobilisirt, da gelegentliche zuckende Bewegungen die Beobachtung nur kurz unterbrachen, selten dem Objecte schadeten. Damit das aufgebundene Thier nicht erheblich abkühle, worüber ein Thermometer im Anus Aufschluß gab, wurde es ganz in Watte eingepackt mit Binden umwickelt, die nur das Operationsfeld frei ließen, was an sich schon stärkere Bewegungen verhinderte, da die Binde zugleich in vielen Gängen um das haltende Brett geschlungen

[1]) *Virchow*'s Archiv Bd. 65. S. 36.
[2]) *Virchow*'s Archiv Bd. 74. S. 360.

Digitized by Google

war. Taf. 2 zeigt die Einrichtung, an welche das Kaninchen gebracht wurde: *a* ist ein großes Wasserbad, worin 2 Flaschen mit physiologischer NaCl-Lösung erwärmt werden; die größere *Mariotte*'sche Flasche diente zum Nachfüllen und Vorwärmen der aus der kleineren Flasche durch einen Schlauch in das Röhrchen *C* hinübergeheberten Lösung. In *C* befand sich das die Temperatur der Flüssigkeit unmittelbar vor dem Abfließen auf das Object controlirende Thermometer. Sollte die Temperatur schnell geändert werden, so ließ man wärmere oder kältere Salzlösung aus dem großen Becherglase *b*, das ebenfalls in einem Wasserbade stand, zufließen. Das Kaninchen ist auf einem vertical verstellbaren in beliebiger Neigung zu fixirenden Brette befestigt, das mittelst zweier Metallsäulen auf einem langen, schmalen gußeisernen Fuße *(f)* ruht. Dieser Theil mit dem Thiere ist es, der kaum an andere Mikroskope gehörig heranzurücken ist, als an die größeren englischen Stative mit ihrem weit vorspringenden Tubusträger und dem vielfach beweglichen, weit durchbrochenen Tische. In der Abbildung sind das eigentliche Object (die Darmschlinge) und der Objectträger fortgelassen, da die Détails unerkennbar geworden wären; man sieht von dem Objectträger nur 2 aufwärts gehende Stäbe durch einen Querbalken verbunden, nicht den daran befindlichen, der Tischebene parallelen, zur Lichtseite vorspringenden 10 mm breiten Glasstreifen, auf welchem das Mesenterium mit dem Pankreas ruhte, während der Darm zu beiden Seiten herabsank. Je nach Bedürfniß wurde der an den Kanten natürlich gut abgerundete Glasstreif an den Seiten mit Flügeln von Hartgummi versehen, um dem Darme mehr Stütze zu bieten. Für besondere Zwecke wurde ein anderer „Objectstuhl" (vergl. den Holzschnitt) benutzt, der den ebengenannten erläutern hilft. Der untere Rahmen wird in den durch Schrauben nach allen Richtungen der Objectebene verstellbaren Tisch des Mikroskops befestigt, so daß man die Sitzplatte des Stuhles,

ohne diesen oder das Object berühren zu müssen, durch die Tischschrauben bewegt. Das Uebrige ist bestimmt das Mesenterium zu halten und den beobachteten Antheil zwischen Electroden zu nehmen, zu welchem Zwecke die Stuhlbeine aus Glasstäben gemacht sind, auf welchen Messingröhrchen laufen, die mittelst der Messingbügel *b b* in die Platinstreifen *p p* übergehen. Mit Ausnahme des Glasscheibchens *g* besteht das Uebrige aus Hartgummi, sowohl die Stuhlplatte mit den Seitenflügeln, wie das Mittelstück *m*. Zur Beleuchtung des Objectes diente eine in die Condensatoröffnung eingesetzte, mit Cylinderblendungen versehene, leicht zu verlängernde Röhre, welche bis unmittelbar unter die Stuhlplatte reichte.



Zuweilen wurde der Objectstuhl an seinem Querbalken nur mit 2 horizontal vorspringenden schmalen Leisten von Hartgummi versehen und das hohl daraufhängende Mesenterium nur oben mit dem Deckglase bedeckt, um an die untere nackte Fläche 2 an der Lichtröhre isolirt emporlaufende, federnde Drähtchen mit abgerundeten Enden bringen zu können, durch welche eine kleine Stelle des Pankreas electrischem Reize zu unterwerfen war, indem man die zuleitenden Köpfchen (am Knallgasgebläse entstandene Kügelchen der Platindrähte) einander über der Lichtöffnung stark näherte.

Um die Berieselungsflüssigkeit aufzufangen und abzuleiten,

Digitized by Google

wurde über die lichtzuleitende Röhre eine konische Blechröhre geschoben, die an einer Stelle ihres Umfanges wasserdicht mit einem aus Guttapercha geformten Trichter umgeben war, aus welchem das Salzwasser durch einen seitlichen Ansatz mit Schlauch in den Trichter *g* abfloß. Der Guttaperchatrichter diente unter Umständen statt der Flügel an dem Objectstuhle zur Stütze des Darms und erhielt verschiedene Gestalt, je nach der am zweckmäßigsten befundenen Stellung der Axe des Mikroskops zur Horizontalen. Es war unter Umständen angenehm, das Mesenterium vollkommen vertical hängend zu beobachten, während der Tubus horizontal stand, in welchem Falle eine Gasflamme an Stelle des Beleuchtungsspiegels trat.

Auf Taf. 2 rechts sieht man noch eine Einrichtung zur Injection resp. zur Messung des Absonderungsdruckes. Die U förmige Röhre *d* erweitert sich zu einem Gefäße für die Injectionsmasse, welches unten durch Quecksilber abgesperrt, oben mittelst eines durchbohrten Glaspfropfens verschlossen ist, an welchen sich die mit Hahn versehene, vorn schwach geknöpfte Canüle für den Ausführungsgang des Pankreas anschließt. Durch den Trichter *e* mit Schlauch und Klemme wird Quecksilber nachgefüllt, das die Injectionsmasse in die Drüse treibt.

Fast ohne Ausnahme wurde das Object mit einem Deckglase belegt, gewöhnlich mit einem an 3 Seiten von einem sehr leichten Rahmen aus Hartgummi umgebenen, das von der Salzlösung nicht überfluthet werden konnte. Zû den Beobachtungen wurden Syst. 4, 5, 7, 8 und 9 à immersion von *Hartnack* und $^1/_4$ von *Powell* und *Lealand*, das sich ähnlich wie Syst. 5 besonders für stärkere Ocularvergrößerung eignete, verwendet.

Ueber die Herrichtung des Objectes ist kaum mehr zu sagen, als daß man die Wunde nahezu unblutig rechts an der Grenze der Stamm- und Bauchmuskeln anzulegen und grade groß genug zu machen hat, um das Duodenum ohne Klemmung hervorbringen

Digitized by Google

zu können. Praktisch ist es auch, die Wunde erst größer zu machen und durch Nähte zu verengern, nachdem das Duodenum ausgeschlüpft ist. In allen Fällen wurde der Ausführungsgang mit einer Canüle versehen, aus welcher der Saft entweder frei abtropfte oder in einer horizontalen Glasröhre weiter floß, wenn das Manometer oder der Injectionsapparat nicht angelegt wurden. Die auf irgend eine Weise zu fixirende Canüle bereitet den Versuchen die meisten Umstände, weil sie oft die Einstellung derjenigen Strecken des Pankreas erschwert, welche die dünnsten und freiliegendsten sind; unter solchen Umständen den Gang unangetastet zu lassen, damit das Secret in den Darm abfließe, ist nicht zu empfehlen, weil man in erster Linie Garantie für die bestehende Absonderung und gegen etwaigen Verschluß des Ganges durch Druck oder Faltungen braucht. Zur Controle der Absonderung haben wir entweder das Fortschreiten in der horizontalen Glasröhre gemessen, oder die Intervalle zwischen dem Abfallen der Tropfen. Nicht fette, die Mittelgröße nicht ganz erreichende Kaninchen wurden als die geeignetsten verwendet.

Bemerkungen zum Bau des Kaninchenpankreas.

Ueber den Bau der Drüse ist zum Verständnisse des Späteren Einiges voranzuschicken.

Schon aus *Langerhans* Erfahrungen wußte man, daß saubere und klare Bilder der Gänge und Lumina des Pankreas nur zu erhalten sind mit zähflüssigen Injectionen, wie Asphaltlack u. dergl., während Lösungen von Berliner Blau auch bei geringem Drucke sofort verworrene, z. Th. durch Extravasate verdeckte Präparate liefern. Wer die Drüse des Kaninchens injicirt hatte, in welchem Erfolg und Fortgang der Injection ohne Weiteres zu erkennen sind, konnte darum von der Darstellung *Saviottis* kaum überrascht werden, welche die größeren Lumina oder Centralcanäle der Alveolen noch in zahlreiche intercelluläre Canäle und unter

Digitized by Google

der Membrana propria gelegene Netze übergehen ließ, ähnlich den in der Gl. submaxillaris von *Giannuzzi* gefundenen. Die unter *Brücke*'s Leitung ausgeführte Arbeit von *Latschenberger* hob darauf mit Recht hervor, daß der Weg vom Drüsenlumen zur M. propria nicht in Gestalt von Canälen oder Röhren vorgebildet sei, sondern breite flache Spalträume darstelle, in welche die Injectionsmasse vielleicht erst unter ganz unphysiologischen Bedingungen eintrat. Von dieser Correktur abgesehen, haben die injicirbaren Räume jedoch an Interesse nicht verloren, und sie konnten es nicht, weil sie auch ohne Injection häufig sichtbar sind oder durch andere Mittel erkennbar werden; und wenn ihnen die Abwesenheit besonderer Wandungen Abbruch thun sollte, so würde dieser Einwand auch die Centralcanäle, ja alle Drüsenlumina treffen, denen nur absondernde Zellen zur Grenze gegeben sind.

Bekanntlich sind die Intercellularräume für vielerlei gehalten worden: 1. für bloße Spalten, wobei die Frage entsteht, welcher Art und welchen Ursprungs die Flüssigkeit sei, die sie enthalten: 2. für Kittplatten und Kittleisten; 3. für Protoplasma oder massiveres Material besonderer nicht secretorischer Zellen; 4. für Nerven. Wir haben es in erster Linie für nützlich erachtet, die An- oder Abwesenheit des Gebildes oder dessen Erkennbarkeit im Leben zu untersuchen, dann die Bedingungen unter welchen etwas Fremdes hinein oder an seine Stelle tritt, endlich welcher Art dessen eigene Substanz sei.

An lebenden Pankreas sind die Grenzen der Secretionszellen zuweilen überall, in der Regel wenigstens an zahlreichen Läppchen mit großer Deutlichkeit, selbst durch doppelte Contouren bezeichnet, und mit Hülfe dieser Contouren in die Tiefe längs der ganzen Berührung zweier Zellen zu verfolgen, ebenso an der Oberfläche die Netze oft in Gestalt von doppeltcontourirten feinen Rahmen in Kerben zu erkennen, welche die zur Membrana propria gewendeten Basen der Zellen umziehen. Das ganze Bild kann

Digitized by Google

aber auch fehlen, oder die Mehrzahl der Läppchen nichts davon aufweisen, eine wichtige Differenz, auf die wir zurückkommen. Da im lebenden oder lebensfrischen Pankreas die Hohlräume der fast schlauchartigen Alveolen oder die Drüsenlumina bis zu den Secretionszellen und bis an ihre oft leicht birnförmigen Enden zu verfolgen sind, bieten die Läppchen ein vortreffliches Object um das Eindringen einer Injectionsmasse direkt unter dem Mikroskope zu sehen und man sollte nicht versäumen, die Füllung in dieser Weise vorzunehmen, die am besten über deren Verlauf belehrt.

Wir haben es oft ausgeführt, sowohl am Lebenden bei noch bestehender Blutcirculation, oder in situ nach Beendigung unserer Versuche und Verblutung des Thieres, wie an dem mit dem Duodenum im Mesenterium herausgenommenen Präparate. Auf die Injectionsmasse kommt wenig an, falls man die zähen oder rasch erstarrenden vermeidet. Wo kein Secretionsdruck zu überwinden ist, sieht man die Farbe bei kaum meßbarem Drucke schnell bis in die Enden der Lumina vortreten, dann sich mit Spitzen und Buckeln besetzen, die überall zwischen die Drüsenzellen vorragen und an vielen Orten plötzlich birnförmige Kolben treiben, worauf alsbald Ausbreitung zu flachen, an die M. propria reichenden Platten erfolgt. An manchen Läppchen ergießt sich jetzt gleich ein bedeutendes Extravasat unter die Membran, Alles mit einem farbigen Mantel verhüllend, an anderen werden kleine farbige Kuppen zwischen den Zellen und der M. propria aufgetrieben. Man sucht daher eine weniger gefärbte Stelle auf und erhält nun den Anblick geordneter, alle Zellen an der Basis einrahmender Streifen, welche unmittelbar unter der M. propria ein zierliches Netz bilden, mit so viel polygonalen Maschen, als es Zellen giebt. Diesen Stellen entsprechende Schnitte aus gehärteten Alkoholpräparaten zeigen, daß die Rahmen dreieckigen Querschnitt haben. Es kommt also zu der Regelmäßigkeit des Netzes noch eine bestimmte Gestalt seiner einzelnen Stücke und wenn

Digitized by Google

dies dem Canalsysteme schon einigen selbständigen Charakter verleiht, so scheint ein solcher noch mehr hervorzutreten durch das Erscheinen des Netzes an Stellen, wo von Extravasaten nichts zu sehen ist, was an ganzen Läppchen und in der Weise vorkommen kann, daß man sogar vergeblich nach Communicationen des peripherischen Netzes mit dem Centrallumen suchen wird. Hier entscheidet nur die Entstehung der Injection unter dem Auge: es füllt sich das Rahmenwerk in der That nicht selten von wenigen Intercellularspalten, oft von den recht unregelmäßig geformten der sog. centroacinären Zellen aus und da sich die Spalten beim Abbruche der Injection nach der einen oder der anderen Seite ganz entleeren können, indem sich die Zellflächen wieder knapp zusammenlegen, wird zuweilen jede ehemalige Communication verwischt und ein Bild voller Räthseln steht vor uns.

Auffallend ist nun Folgendes: wird ein Pankreas unter geringstem Drucke mit leichtflüssiger Masse injicirt, so ist die Drüse alsbald in allen Gegenden mit makroskopisch erkennbaren Extravasaten durchsetzt, während andere Stellen garnicht oder sehr blaß gefärbt erscheinen. An den letzteren ist, häufig in unmittelbarer Nähe der schlimmsten Extravasate, nur der Axialcanal, dieser aber bis zum Ende gefüllt und selbst erneute Injection mit Druckerhöhung ändert daran nichts oder erzeugt nur schwache Erweiterung des Canals, ohne wahrnehmbare Expansion des Läppchens nach außen. Da man die Injectionsmasse in rückender Bewegung sehen kann, weiß man, daß nicht die gewöhnliche Ursache verstärkter Extravasation in der Nachbarschaft den Fortgang der Injection hemmt; und der Grund liegt wirklich anderswo, nämlich in der Beschaffenheit des Drüsenläppchens selbst.

Das Kaninchenpankreas zeigt wie im Leben auch nach dem Tode 2 Formen der Läppchen, die einen mit glatter, die andern mit gekerbter Oberfläche. Zwischen beiden giebt es Uebergänge, obschon die Extreme unmittelbar nebeneinander auftreten können.

Digitized by Google

Je glatter der Alveolus begrenzt ist, um so unvollkommener ist seine Zusammensetzung aus Zellen zu erkennen; nicht nur die Kerne sind verhüllt, sondern auch die Zellgrenzen von der M. propria bis zum Lumen verwischt, während die Läppchen mit gekerbter Oberfläche, welcher die M. propria, obschon nicht vollkommen folgt, nicht nur wegen dieses Umstandes die Zellen gradezu abzuzählen gestatten, sondern auch wegen der deutlichen Grenzen, die zwischen denselben bis zum Axencanal sichtbar sind. Sucht man vor der Injection die eine oder die andere Form aus, so kann man voraussagen, wie weit die Masse zunächst vordringen wird, denn es sind die Alveolen mit gekerbter Oberfläche, in welchen plötzlich die Zellgrenzen von farbigen Streifen nachgezogen werden. Will man die beiden Zustände der Läppchen mit Dingen bekannter Gestalt vergleichen, so würde die Verschiedenheit hervortreten etwa wie zwischen der Maulbeere und der länglichen Cornelkirsche. Die Differenz ist im Leben vorhanden und wir hoffen noch zeigen zu können unter welchen Umständen.

Bemerkungen über die Blutgefäße des Pankreas.

Ohne die Gefäßverbreitung im Pankreas eingehend darstellen zu wollen, müssen wir auf einige an der Drüse des Kaninchens besonders hervortretende Eigenthümlichkeiten aufmerksam machen. Manches ist ohne Kunstmittel an den bluterfüllten Gefäßen des Lebenden zu erkennen, vor Allem das eigenthümliche Zurückbleiben der Blutgefäße gegen die Vorsprünge der Drüse, oder das Herausragen der Drüsenläppchen aus dem Bereiche der Gefäßverästelung, das an zahlreichen Stellen viele tausende absondernder Zellen allem näheren Verkehre mit dem Blut entzieht. Ausgesprochene, aber keineswegs seltene Fälle dieser Art sind auf Taf. 4 zusammengestellt, wo nur die Grenzgefäße mit blauer Farbe angedeutet sind. Obschon nicht so ausgeprägt, ist das Verhalten doch ähnlich überall, soweit der Rand der Drüse darauf zu unter-

Digitized by Google

suchen ist und ein Zusammenfallen des Randes oder der Oberfläche der Läppchen mit den Grenzen des Gefäßnetzes kann nur als Ausnahme bezeichnet werden. Der Fundus der Drüse pflegt nicht etwa in Ausdehnung einer Lage von Secretionszellen den gefäßlosen Rand darzustellen, sondern ganze Convolute von Läppchen und oft getheilte hammerförmige Endstücke sind es, welche die Krone des Gefäßbaumes überragen. Das Bild Fig. 7 auf Taf. 1—2 in *Bernard*'s Mémoire, das eine natürliche Injection des (todten) Kaninchenpankreas mit der Begrenzung durch Blutgefäße darstellt, ist deshalb nicht als auf den Rand der Drüse eingestellt anzusehen: es ist ein Oberflächenbild, dessen Randtheile bedeutend tiefer lagen. Aus der bekannteren Abbildung der Gefäßverästelung des Kaninchenpankreas in *Kölliker*'s Gewebelehre (5. Aufl. Fig. 316. S. 447) würde man eine richtige Vorstellung gewinnen, indem man den oberen Theil mit einem gekerbten Rahmen umzöge, innerhalb dessen mindestens 2—6 Secretionszellen Platz fänden. Freilich schließt dieses ganze Verhalten nicht aus, daß nicht an einzelnen Stellen, namentlich in den tieferen Kerben des Drüsenrandes einzelne Gefäßschlingen ziemlich weit ins Mesenterium vorspringen, wie es unsere Taf. 4 rechts in 3 Fällen darstellt; man glaube aber nicht, daß etwa Mesenterialgefäße ihrerseits zu den Pankreasrändern vorgingen, denn das Mesenterium ist, wo es kein Fett enthält, in der Nähe der Drüse sehr wenig vascularisirt. Am deutlichsten wurde das, man möchte sagen, geflissentliche Ignoriren der Drüse seitens der Blutgefäße in einem Falle, der leider zu zeichnen versäumt wurde, gesehen, wo sich fast rechtwinklig (Tförmig) auf eine zwischen 2 größeren Drüsenlappen durch einen größeren Gang und Gefäßstämme hergestellten Brücke ein kleiner birnförmiger Alveolus aufgepflanzt fand, der nur an seinem kurzen Stile ein weitmaschiges Capillarnetz empfing, so daß der eigentliche Drüsenkörper gänzlich gefäßlos und ausschließlich auf die lymphatische Ernährung angewiesen blieb.

Digitized by Google

Sähe man die gefäßlosen Pankreasläppchen am Lebenden nicht bei jeder Gelegenheit, so könnte vermuthet werden, daß die betreffenden Gefäßgebiete durch locale Störungen blutleer und unsichtbar geworden wären. Der Anblick ist aber derselbe in allen Injectionspräparaten und wir zweifeln deshalb gar nicht an der Bestätigung unseres Befundes, wo irgend sich solche Präparate finden, falls die Drüsensubstanz daran kenntlich ist.

Die Gefäßverästelung des Pankreas weist eine zweite Eigenthümlichkeit in Gestalt einer Art Glomeruli auf, welche unseres Wissens noch nicht beschrieben sind. Auch diese Bildungen sind in der natürlichen Füllung durch das circulirende Blut zu erkennen, besser jedoch an Injectionspräparaten, weil sie selten an den Rändern der Drüse, mehr im Innern vorkommen, wo das lebende Object zu undurchsichtig wird, und weil sie überdies an Stellen auftreten, wo sich statt der durchsichtigeren Drüsenzellen Haufen kleiner, trüberer Zellen befinden. Auf Taf. 3 hat der Zeichner versucht das Aussehen eines gut injicirten mit dem Mesenterium in Alkohol gelegten und in Canadabalsam aufgehellten Pankreas bei mäßiger Vergrößerung wiederzugeben. Um die fraglichen Gebilde recht sinnfällig werden zu lassen, ist für den Anfang die Untersuchung mit schwachen Vergrößerungen zu empfehlen: man sieht dann zahlreiche Stellen des Gefäßbaumes ausgezeichnet durch merkwürdig weite kurze Capillaren, die z. Th. kaum distincte Figuren, höchstens ein kurzes S oder ähnliche Formen darstellen, außerdem Convolute in großer Zahl, welche den Namen Glomeruli vollkommen verdienen. Obgleich wir auf diese Bildungen zuerst am Lebenden stießen und dieselben auch an den sorgfältigst behandelten, soeben aus der Bauchhöhle geschlüpften Objecten zu sehen waren, konnten wir uns nach der ersten Injection mit gefärbter Masse des Mißtrauens nicht erwehren, Kunstproducte durch übermäßige Ausdehnung der Gefäße erzeugt zu haben. Fast mit bloßem Auge und leicht mit der

Digitized by Google

Lupe entdeckten wir die fraglichen Stellen an der frisch injicirten, noch nicht einmal durchsichtig gemachten Drüse als etwas so auffallendes, daß wir, wie gewöhnlich beim Erfassen einer auffälligen, zuvor nie erwähnten Erscheinung, an Täuschung denken mußten. Indeß traten die dunkler injicirten Stellen sogleich an einer bei nur 30 mm Hg Druck von der Aorta aus vorgenommenen Injection auf und dieselben kamen überhaupt um so deutlicher zum Vorschein, je weniger die Injection vorgeschritten war, da sich im Allgemeinen nächst den Arterien erst dieser Theil des peripheren Gefäßapparats füllte[1]). Dazu ergab die Untersuchung andrer Pankreas, vom Hunde und von der Katze, an Schnittproben ganz ähnliche Gebilde und übereinstimmend mit dem Verhalten beim Kaninchen das ausschließliche Vorkommen der weiten Capillarschlingen und größerer, von solchen gebildeter Glomeruli nur im Bereiche von Haufen trüber kleinerer Zellen, die in jedem Pankreas (auch beim Affen und Menschen) vorhanden sind. In den compakteren Drüsen ist dies natürlich erst an Schnitten zu erkennen (vergl. Taf. 5. Fig. 4 u. 5) deren es zur genaueren Erkennung der Umgebung der Glomeruli übrigens auch am Kaninchen bedarf (Taf. 5. Fig. 1 u. 2). Herr *Lea* hat mit dem Mikrotom von den betreffenden Stellen Schnittserien hergestellt, welche die Figur der Glomeruli innerhalb jener Zellenhaufen ziemlich zu construiren gestatten und jedenfalls mit Sicherheit zeigen, daß nichts von den weiteren Capillaren außerhalb der Zellhaufen, im eigentlichen Pankreas oder in dessen lockeren Bindegewebe liegt.

Die Glomeruli bestehen aus sehr weiten, stark gewundenen Röhren capillaren Baues und gehen, wie es scheint, nur theilweise aus einzelnen Endarterien hervor, z. Th. aus kurzen capillaren

[1]) Wir haben die Injection der Gefäße des Pankreas von der Aorta aus, nach Unterbindung derselben oberhalb der Nierenarterien, in der Regel mit 30—40 mm Hg Druck begonnen und zur Füllung aller Capillaren und der Venen bei 60—80 mm Hg Druck beendet.

Digitized by Google

Aesten dieser, von welchen letzteren sich oft mehrere zusammen in den Bezirk der weiteren Capillaren begeben. Ebenso diffus ist gewöhnlich der Austritt des Blutes zur venösen Seite, indem sowohl mehrfache Communicationen mit dem eigentlichen Capillarnetze des Pankreas, wie kürzere, weitere mit den nächsten Venen bestehen. In Fig. 3. Taf. 5 haben wir versucht, diese Verhältnisse abzubilden: *a a* sind die Glomeruli, *b b* die feineren Capillarnetze des Drüsenkörpers. Schräg durch die Figur zieht eine größere Vene, welche eine schmälere Arterie verdeckte, aus welcher der obere und der mittlere Glomerulus gespeist werden. Der unterste Glomerulus erhält den Zufluß von dem Arterienaste rechts und giebt das Blut ebenso wie die beiden andern rechts von der Vene liegenden Glomeruli z. Th. direkt an diese ab.

Die Glomeruli gehören nicht eigentlich dem Pankreas, sondern der schon erwähnten Einlagerung von Zellenhaufen an, die in jedem Säugerpankreas reichlich vorkommen. Wir haben dieselben anfänglich auf die nach *E. H. Weber* von *Kölliker* (Mikroskop. Anat. Bd. 2. S. 251) erwähnten Zellcomplexe bezogen; da diese aber in der Wand größerer Gänge liegen und als Drüsen mit Communication nach deren Lumen von *Latschenberger* beschrieben worden sind, so haben die hier zu beschreibenden „intertubulären Zellenhaufen" nichts damit zu thun. Dieselben finden sich durch das ganze Pankreas zerstreut und wenn sie auch nicht gerade an den peripherischsten Theilen auftreten, so kommen sie doch innerhalb so kleiner Läppchen vor, wo es keine gröberen Gänge mehr giebt. Beim Kaninchen haben sie sehr verschiedene Größe, von den kleinsten nur eine erweiterte Capillarschlinge fassenden Ansammlungen etwas gestreckter unregelmäßiger Form beginnend bis zu den zahlreichen größeren von 1—2 mm Durchmesser, kugliger oder ellipsoïder Gestalt. Makroskopisch sind sie im Lebenden als trübere Stellen, dem bloßen Auge etwa wie Sagokörner erkennbar und eine Probe daraus mit der Lan-

Digitized by Google

cette entnommen ergiebt sich zusammengesetzt aus zahlreichen großkernigen Zellen mit relativ schmaler kugliger Protoplasmaschale. An frischen entbluteten Objecten ist ein gesprenkeltes Aussehen des Kaninchenpankreas wol schon oft bemerkt worden, aber wir müssen ausdrücklich darauf aufmerksam machen, daß es hier vor der mikroskopischen Betrachtung leicht zu verwechselnde Dinge giebt. Die Sprenkelung, um bei dem Namen zu bleiben, kann sehr ausgeprägt sein, indem die trüberen weißlicheren Stellen zugleich recht deutlich abgegrenzt sind, aber diese Erscheinung ist keine constante und beruht darauf, daß Gruppen der gewöhnlichen Secretionszellen ungewöhnlich reich an *Bernard*'schen Körnchen sind. Das ist es, was Herr *Heidenhain*[1]) im Sinne hatte und auf unsere „Zellenhaufen" bezog und es wird bei sehr vielen Drüsen so gefunden werden, wenn man die weißlichen Körner durchsucht. Zuweilen haben wir dabei übrigens noch ein Drittes gefunden, nämlich die Körner ganz zusammengesetzt aus sehr scharf berandeten, ungemein großkernigen, z. Th. polyedrischen, wenig succulenten glänzenden Zellen, wie wir vermuthen, einer pathologischen Bildung. Vollkommen sicher sind die von uns gemeinten Zellhaufen herauszufinden an frisch von den Gefäßen aus injicirten Drüsen, wo jede an der Stelle eines Glomerulus herausgenommene Probe nur diese liefert. An Schnitten in Alkohol gehärteter Pankreas sind die Stellen sehr scharf gegen die eigentliche Drüse begrenzt und aus dicht gedrängten Zellen, die erheblich kleiner als die Drüsenzellen und meist polyedrisch gegeneinander abgedrückt sind, zusammengesetzt. Dazwischen treten hier und da spindelförmige mit Carmin zu färbende Figuren auf, wie nicht zu bezweifeln, Kernen an den Bälkchen eines zarten Bindegewebes angehörend, das innerhalb der Zellenhaufen Gerüste und Abtheilungen bildet. Wir haben uns viel bemüht einen et-

[1]) Handbuch der Physiol. Herausgeg. v. *Hermann*. V. S. 177.

Digitized by Google

waigen Zusammenhang der Zellenhaufen mit den Hohlräumen des Pankreas und seiner Ausführungsgänge durch Injectionen aller Art nachzuweisen, glauben aber um so weniger an die Zugehörigkeit der Haufen zum eigentlichen Drüsenapparate, da dieselben, obwol häufig genug durch die früher geschilderten Extravasate verdeckt, auch in unmittelbarer Nähe gut injicirter Drüsenläppchen frei von den eingeführten Farben gefunden wurden. Durch weitere Untersuchung wird festzustellen sein, ob die Zellhaufen kleinsten Lymphdrüsen, was das wahrscheinlichste ist, entsprechen.

Die Abbildungen auf Taf. 5 sind nach Alkoholpräparaten, die mit Hämatoxylin gefärbt worden, copirt, (Fig. 1 und 2 vom Kaninchen, Fig. 4 und 5 vom Hunde). An den in Balsam aufgehellten Präparaten erweisen sich die Zellkerne häufig nicht kuglig, sondern von ovaler Form und die umgebenden Zellenleiber immer bedeutend schwächer gefärbt, als die der Pankreaszellen. Die größten intertubulären Zellhaufen wurden beim Affen (Macacus cynomolgus) gefunden (vergl. Taf. 6. Fig. 2). Das abgebildete Präparat, mit Picrocarmin gefärbt, zeigt nur die Pankreaszellen gelblich, deren Kerne gelbroth tingirt, während die Zellen des fraglichen Haufens ungefärbt blieben, nachdem ihre Kerne reine Carminfarbe angenommen hatten. Leider besaßen wir kein Affenpankreas mit injicirten Gefäßen. Frische menschliche Pankreas zu härten und zu untersuchen, fehlte bis jetzt die Gelegenheit; wir erkannten jedoch einmal einen circumscripten kleineren Zellhaufen zweifellos in einem guten mikroskopischen Präparate des menschlichen Pankreas, das in Wien käuflich erstanden war.

Vorgänge im lebenden Pankreas.

a. An den Blutgefäßen.

An dem freigelegten Pankreas fesselt das schöne Schauspiel des Blutlaufes die Aufmerksamkeit so sehr, daß man sich anderer Zwecke ernstlich erinnern muß, um nicht immer wieder zu

Digitized by Google

den Erscheinungen an den Blutgefäßen abgelenkt zu werden. Es tritt hier etwas besonderes hinzu: der Blutlauf ist rascherem Wechsel als an den bekannteren Objecten und Beobachtungsstellen unterworfen und man kann dieses Wechseln nicht sehen, ohne nicht sogleich an die von *Cl. Bernard* entdeckten Gefäßphänomene der Speicheldrüse und deren Beziehungen zu Nervenreizen, sowie zur Absonderung und Ruhe der Drüsen denken zu müssen. Hatte doch auch *Bernard* lange vor seinen Entdeckungen an der Gl. submaxillaris die außerordentlichen Verschiedenheiten der Blutfülle am Pankreas schon gefunden und als charakteristische, die Absonderung begleitende Zustände zu verwerthen gewußt. Kein Wunder also, daß man an dem zu ihrer Erkennung so überaus geeigneten Kaninchenpankreas zuerst förmlich auf diese Erscheinungen fällt, wo sie direkt und in größerer Ausdehnung sichtbar werden. Bekannt ist das makroskopische Aussehen dieses Objectes schon lange durch die vortreffliche in Farben ausgeführte Taf. 7—8 in *Bernard*'s Mémoire, ebenso der Unterschied der Färbung des ruhenden und des absondernden Hundepankreas durch Taf. 5—6; nur das mikroskopisch, im durchfallenden Lichte wahrgenommene Bild, das wir zu beschreiben haben, ist daher neu.

Ueber die Röthe im Allgemeinen als Ausdruck erweiterter Gefäße, besonders der capillaren, giebt das unbewaffnete Auge Aufschluß und entscheidet bereits über das wichtige Vorkommen localer Veränderungen dieser Art. Im Nothfalle mit der Lupe sind im bunten Wechsel locale Hyperämieen und Anämieen zu erkennen, wenn die betroffenen Aveolen groß genug sind. Das mikroskopische Bild wiederholt dies zunächst in weiterem Ausbau und in der überraschenden Weise, daß unmittelbar nebeneinander hyperämische und anämische Läppchen liegen, oft von einer gemeinsamen Arterie gespeist, deren nächste Gabelung also schon mit Hülfe der Muskulatur und deren Innervation die Ursache der

Digitized by Google

Differenzen in sich trägt. Es sind 2 Extreme, welche zur Anschauung kommen: 1. der langsamste Strom mit engen Arterien, Capillaren und Venen; 2. der beschleunigte mit Erweiterung aller Theile. Im ersteren giebt es zugleich große Unterschiede der Blutfarbe, am Hilus der Läppchen, falls Vene und Arterie frei genug liegen, so große, daß die Vene sogleich an der dunkleren Farbe und der venöse Strom an der geringeren Geschwindigkeit zu entdecken ist, erkennbar an dem Vorüberhuschen plasmareicherer oder weiße Blutkörperchen enthaltender Stromlücken, von denen man in den Arterien nichts deutliches sieht. Während dieses Zustandes treiben die Blutkörperchen in den verbindenden Capillaren, sehr häufig auf der hohen Kante stehend, in Gestalt kürzerer oder längerer Münzpakete vorbei, unterbrochen durch vereinzelte umhertummelnde Blutkörperchen in plasmareicheren Partieen, oder durch längere Reihen in allen Lagen vorüberlaufender rother Körper, endlich durch weiße Körperchen. Nur die letzteren veranlassen gelegentliche Stockungen, selten von längerer Dauer, theils durch Ankleben an den Wänden und langsameres Rollen, theils weil sie zu groß sind, um schneller passiren zu können. Die Capillaren sind also bei langsamstem Blutlaufe und derjenigen Gefäß-(Arterien) Enge, welche unter normalen Verhältnissen gewiß selten überschritten wird, weit genug, um je einem Blutkörperchen bequem Platz zu bieten. Es kann nicht oft genug wiederholt werden, daß so Viele ein falsches Bild der capillaren Blutkörperströmung mit sich tragen, indem sie die bekannteren Erscheinungen des Blutlaufes bei den Amphibien zum Muster nehmen und auf die Säuger und den Menschen übertragen. Zwischen diesen Thierclassen besteht in dieser Hinsicht ein fundamentaler Unterschied: es giebt im Allgemeinen beim Säuger keine Wandreibung und keine Formänderung der rothen Blutperkörchen, wie beim Frosche und die Obturation der Capillaren mit oder ohne Fortdauer der Plasmaströmung ist beim Säuger

selten oder von sehr kurzer Dauer. Wohl wäre es an der Zeit, diesen Umstand einmal besonders in's Auge zu fassen, der in Hinsicht auf den Stoffverkehr zwischen den geformten Bestandtheilen des Blutes und den Geweben des Interessanten genug bietet.

Der Farbenunterschied des Blutes erstreckt sich bis in die Capillaren; wenigstens waren wir, wo die geringste Geschwindigkeit bestand, nicht im Zweifel, daß die den Venen nächsten Capillaren weniger rothe, dunklere, mehr venöse Färbung hatten, als benachbarte dem arteriellen Ursprunge nähere. Selbst für die Beurtheilung der Blutfarbe in den größeren Gefäßen, ist das Deckglas durchaus nöthig und dasselbe darf nicht zu locker aufliegen, während die Berieselung zugleich möglichst einzuschränken ist, denn ein so dünnes Object mit großer Oberfläche, wie unsere Drüse, wird begreiflich sowol aus der Luft, wie aus den in der Salzlösung enthaltenen oder im Strömen aufgenommenen Gasen reichlich O aufnehmen, so daß das Capillarblut kaum venös in die Venen gelangen kann.

Im andern Extrem der Blutfüllung des Pankreas ist die Strömung in den Capillaren überall so beschleunigt, daß die zur Erkennung der Säugerblutkörperchen erforderlichen Vergrößerungen dieselben nicht mehr einzeln erkennen lassen. Man sieht wol, auch ohne daß größere Lücken kommen, daß Das, was fließt nicht homogen ist, vermag aber nicht mehr, namentlich nichts über die Stellung der Blutkörperchen auszusagen. Farblose Randströmungen vermochten wir nicht mit Sicherheit zu constatiren, öfter jedoch langsameres Rollen einzelner weißer Blutkörperchen. Die Breite der rothen Säulen steigerte sich jedenfalls genügend um zahlreichen Blutkörperchen in einem Querschnitte Platz zu bieten, und wenn man den Strom durch Drücken auf das Deckglas verzögerte oder hemmte, sah man 3—4 Körperchen in den verschiedensten Lagen den Raum zwischen den beiden Röhren-

Digitized by Google

contouren anfüllen. Dasselbe war in andern Fällen ohne künstlich herbeigeführte Stockung zu sehen, wenn bei großer Capillarweite die Strömung erheblich langsamer wurde, wie es garnicht selten geschah, offenbar indem die Vergrößerung des Gesammtquerschnittes der Strombahn nicht durch das vergrößerte Blutvolum der erweiterten Arterie compensirt wurde. Bei allen Beschleunigungen ist die Blutfarbe überall gleich, die der Vene wol so hellroth, wie die der fließenden Säule in der benachbarten Arterie. Zugleich ist die den Pulsen entsprechende periodische Beschleunigung des Stromes neben sichtlichen klopfenden Erweiterungen und Streckungen gekrümmter Capillaren in allen Theilen fast störend bemerkbar.

Unmittelbar nach Herrichtung des Objectes pflegt die Blutströmung langsam zu sein, ja an vielen Stellen zu stocken, darauf Erweiterung mit starker Stromzunahme einzutreten, welcher dann Verlangsamung folgt, die nun in verschiedener Weise durch Beschleunigung unterbrochen wird. Wir können dafür keine Regel aufstellen und müssen uns auf die nachfolgenden Versuchsprotokolle berufen. Im Allgemeinen ist zu sagen, daß recht häufig die Erweiterung dauernd wird und alle jene bekannten Erscheinungen der Extravasation flüssiger und geformter Blutbestandtheile nach sich zieht. An der Oberfläche unseres Präparats haben wir die letzteren selten ganz vermißt, sie aber nach glattem Operiren und vorsichtigster Bewachung des Objectes, an dem Theile des Gefäßapparats, auf den es ankam, nur sehr ausnahmsweise erfolgen sehen, nämlich nicht an den mesenteriellen, sondern an den Drüsengefäßen. Es ist dies ein wichtiger, glücklicher Weise aber bald zu beurtheilender Punkt, weil jede Extravasation innerhalb der Drüse oder zwischen ihren Läppchen die Blätter des Mesenteriums, namentlich bei jüngeren Thieren, deren wir uns vorzugsweise bedienten, von einander drängt, so daß die Drüse in dem Transsudate zu flottiren beginnt. In diesem Zustande wird

Digitized by Google

das Object für weitere Beobachtungen überhaupt unbrauchbar, weil erst starker und schädlicher Druck die nun heftig mit dem Blute pulsirenden Läppchen zur Ruhe zu bringen vermag. Pulsirende Massenbewegungen der Drüse mit dem Mesenterium waren ohnedies die unangenehmste Zugabe, die wir in der Regel zu bekämpfen hatten, und gegen welche es kein anderes Mittel gab, als gehöriges Ausspannen des zu beobachtenden Theiles über die Unterlage und Belegung mit dem Deckglase. Beides darf natürlich nur so weit als gerade erforderlich getrieben werden: versieht man es darin, so leiden Circulation und Secretion. Da nicht allen Nachtheilen vollkommen vorzubeugen ist, so empfiehlt es sich, wo der Zweck es erlaubt, im Laufe eines Versuches neue Stellen des Pankreas aufzusuchen, oder in den Pausen das Deckglas fortzunehmen und das Object zu entspannen.

b. Vorgänge an der Drüse.

An der Drüsenmasse des lebenden Pankreas bemerkt man nach etwas längerer Betrachtung fast ausnahmslos, daß die Contouren der Läppchen keine bleibenden sind, sondern wechselnde, an derselben Stelle bald gekerbt, bald glatt. Die Unterschiede sind schon erörtert; hier bleibt nur hinzuzufügen, daß auch die geschilderten Extreme mit allen Einzelheiten im Leben vor dem Beobachter sich entwickeln und daß jeder der Zustände an jedem Läppchen auftreten und wieder verschwinden oder einer dem andern folgen kann. Der Wechsel verläuft gewöhnlich langsam, so langsam, daß er wesentlich durch Anfang und Ende zu erfassen ist, wie z. B. das Vorschreiten eines Uhrzeigers; doch haben wir die Bewegung zuweilen an ganzen Reihen der Zellen direkter aufzufassen vermocht, am häufigsten die Entstehung der Kerben, seltener die Rückkehr zum glatten Zustande, die erheblich langsamer verläuft. Auf Taf. 6 haben wir versucht den Unterschied darzustellen; Fig. 1 ist die Abbildung eines Pankreas-

Digitized by Google

läppchens, die wir unter vielen Skizzen auswählten, weil sie nahezu Alles zeigt, was uns an der Drüse zu sehen vergönnt war. Man sieht die charakteristische Gestalt des Capillarnetzes, dessen Blutfüllung durch rothen Druck angedeutet ist, dann das Vorspringen größerer Drüsenmassen aus dem Bereiche dieses Netzes, endlich nebeneinander gekerbte und glatte Läppchen, die Extreme besonders unten links und rechts. Im gekerbten Theile zeigt die Figur zugleich die oben geschilderten Spalträume zwischen den Zellflächen oder deren mehr minder scharfe Abgrenzung gegeneinander, ferner das nicht vollkommene Eindringen der M. propria in die Tiefe der Kerben und die deutlichere Streifung der peripherischen Zellzonen. Der sichtbare Wechsel dieser Zustände am bluternährten Pankreas verbürgt deren physiologische Natur und macht ihren Zusammenhang mit der Absonderungsthätigkeit und Ruhe der Drüse von vornherein wahrscheinlich.

Seit *Heidenhain*'s schönen Arbeiten über die Speicheldrüsen, das Pankreas und über eine lange Reihe anderer Drüsen und secernirender Schleimhäute ist kein Mangel an sicher festgestellten Veränderungen von Drüsenzellen durch die ihnen eigenthümliche Thätigkeit, aber viele derselben sind der Art, daß an ihre Constatirung durch Beobachtungen am Lebenden nicht zu denken ist. Was an mit der Secretion verbundenen Veränderungen direkt zu verfolgen war, wurde an Wirbellosen oder am Frosche beobachtet, neuerdings z. B. von *Stricker* und *Spina* und kommt im wesentlichen auf eine Gestaltveränderung der absondernden Zellen hinaus, also auf Aehnliches, wie die im Pankreas zu erkennenden Vorgänge. Einige der von *Heidenhain* gefundenen Umwandlungen im Innern von Drüsenzellen, so das Vorrücken und Schwellen der Kerne, die Bildung trüber Massen an Stelle durchsichtiger würden jedoch wol direkt sichtbar sein, wenn man in die betreffenden Drüsen hineinsehen könnte, wie in das Pankreas. An diesem giebt es nun in der That eine in diese Kategorie fallende Erscheinung und sie betrifft

Digitized by Google

die *Bernard*'schen Körnchen, welche *Bernard* schon mit dem thätigen oder secretionsfähigen Zustande in Zusammenhang brachte, und deren quantitative Schwankungen *Heidenhain* in dieser Hinsicht als bedeutungsvoll erkannte.

Die *Bernard*'schen Körnchen befinden sich ganz vorwiegend im vorderen, inneren Antheile der Drüsenzellen, sind um so reichlicher und reichen um so weiter nach außen zur Kernzone, je länger die Läppchen im glatten Zustande verharren, während länger gekerbt bleibende Läppchen daran häufig sichtlich verarmen. Zweierlei vermochten wir in dieser Hinsicht durch länger dauernde Beobachtungen zu erkennen: 1. die Körnchen beginnen dem centralen Lumen zunächst heller, durchscheinender, weniger lichtbrechend zu werden, so daß zwischen den dunkleren Körnchen Stellen entstehen, welche kleinen Vacuolen gleichen; 2. sieht man von Zeit zu Zeit Körnchen von hinten her nachrücken. Wir haben letzteres freilich nur selten, aber mit aller Sicherheit constatiren können, denn einzelne nahe vor dem Kerne gelegene Körnchen gehen deutlich ruckweise vorwärts und helfen die Dichte des vorderen Haufens wiederherstellen. Gewöhnlich muß dieser Vorgang langsam, schleichend erfolgen, insofern man eben das Rücken nicht sieht, aber der Haufen sich nach rückwärts lichtet, während vorn die Vacuolen verschwinden und der Körnchenhaufen hier nicht verarmt. Sicher meinen wir das schleichende Vorwandern erkannt zu haben an größeren Körnchen, welche im peripheren Theile der Zelle zwischen dem Kerne und der M. propria ganz vereinzelt auftreten. Diese sieht man während etwa halbstündiger Beobachtung ihren Platz langsam ändern und neben dem Kerne vorbei zu den vorderen gelangen, wobei sie auch selber eine Veränderung erleiden, indem sie etwas kleiner werden. Junge Kaninchen, bei denen überhaupt nur in der Mehrzahl der Drüsenzellen hinter dem Kerne Körnchen vorkommen, eignen sich für diese Beobachtung am besten.

Digitized by Google

Bezüglich der Kerne der Secretionszellen ist es schwer bestimmte Angaben zu machen: wir haben die Ueberzeugung gewonnen, daß das Volum derselben wechselt und daß sie um so weiter zur M. propria rücken, je größer sie sind, sich also umgekehrt verhalten, wie die der meisten Drüsen nach *Heidenhain* u. A. An der frischen Drüse ist die große Mehrzahl nicht sichtbar oder kaum angedeutet und die erkennbareren sind die kleineren, welche die Zellzone, worin sie liegen, höchstens zu $^3/_4$ ausfüllen. Wir empfingen den Eindruck, als ob diese deutlicheren Kerne vorzugsweise in den gekerbten Läppchen zu sehen seien. In andern Fällen waren mehr Kerne zu sehen, dann aber in jeder Art der Läppchen und die meisten sehr groß, peripherer gelegen und doch die Zelle mit ihrem größten Durchmesser nahezu obturirend.

Hinter dem Kerne zur Peripherie hin, zeigen auch die lebenden Zellen die schon von *Pflüger* bemerkte Streifung, nach *Heidenhain* vielleicht den Ausdruck eines feinen Canalsystems. Die Streifung ist an den gekerbten Läppchen immer am besten ausgeprägt und reicht bis zu der convexen peripheren Kuppe, zu welcher sich die in den glatten Läppchen fast ebene Basis der Zellen umformt.

Die geschilderten Wechselzustände mit der Absonderung und Ruhe der secernirenden Zellen in Zusammenhang zu bringen, lag nahe. Wir haben auf vielfache Weise zu entscheiden versucht, welcher Zustand dem der Thätigkeit entspreche und können nicht leugnen von vornherein eine bestimmte, schwer abzuweisende Meinung darüber gewonnen zu haben. Je besser genährt das Thier zur Verwendung kam, je schonender die Operation und Herrichtung des Objects ausgeführt waren, desto eher war nahezu überall auf den beschleunigten Blutlauf und auf das Austropfen von Secret aus der Canüle zu rechnen, während sich gleichzeitig der größte Theil der zur Untersuchung geeigneten Drüsenränder- und Flächen im gekerbten Zustande befand. Dazu

Digitized by Google

kam, dass sich durch die bekannten, Secretionen befördernden und hemmenden Gifte vorwiegend der eine oder der andere Zustand erzeugen ließ, durch Jaborandiextrakt der gekerbte, durch Atropin der glatte.

Hätte man es beim Pankreas in der Hand, wie bei den Speicheldrüsen durch Reizung zutretender Nerven die Secretion anzuregen, so wäre unsere Frage bald entschieden. Wir haben an Stelle der unausführbaren Nervenreizung die direkte des Gewebes, oder durch Betasten mit den Electroden in der Drüse verlaufende Nerven zu treffen versucht. Der Erfolg war indeß höchst unsicher und der einzige, auf den einigermaßen zu rechnen war, ein unwillkommener, nämlich außerordentliche Verlangsamung, selbst Stillstand der Circulation. In einzelnen Fällen schien Reizung mit sehr schwachen, nicht tetanisirenden Inductionsschlägen unter geringster Spannweite der Electroden applicirt, glatte Läppchen ziemlich schnell in gekerbte zu verwandeln. Jedenfalls geschieht das Umgekehrte nicht, und zwar bei keiner Art der Reizung, wenigstens nicht in kürzerer Frist.

Ein Mittel die Secretion zu bethätigen und den gekerbten Zustand in grösserer Ausdehnung hervorzurufen, bestand im Injiciren anscheinend indifferenter Flüssigkeiten durch den Ausführungsgang unter mäßigem, 20—30 mm Hg betragenden Druck. Wir haben dazu $^1/_2$ % NaCl-Lösung, defibrinirten fettreichen Chylus vom Hunde, Milch, geschlagenes Kaninchen- oder Hühnerblut verwendet und in der Regel die Injection bald verdrängt werden sehen durch reichlich abtropfenden Saft normaler tryptischer Beschaffenheit und den gekerbten Zustand entwickelt, selbst bei hungernden Thieren, wie im gleichen Falle durch Jaborandi. Diese Mittel führten zu einer direkten Controle der Secretion und zwar am Secretionsorte selbst. Chylus oder Vogelblut sind so leicht in den Ausführungsgängen zu erkennen und schreiten so willig unter dem Auge bis in die centralen Lumina

Digitized by Google

der Alveolen vor, ja noch über deren Grenze hinaus, dass man auch ihren Rückgang erkennen mußte, im Falle frisch abgesonderter Saft sich Platz zu machen suchen würde. In der That ist diese Umkehr mit aller Genauigkeit zu verfolgen. Man sucht ein Läppchen mit glatter Oberfläche aus, wenn möglich in einem größeren Haufen gleich beschaffener Läppchen, worin man die Centralkanäle berandet durch die dunklen Körnchen gut erkennt, und beginnt darauf die Injection mit Hülfe des kleinen Reservoirmanometers, nachdem dasselbe genügend angewärmt worden ist. Langt die Masse im Sehfelde an, so liest man den Injectionsdruck ab, der in der Regel 2—3 cm Hg betragen mußte. Hierauf wird das Manometer abgenommen, um einen Antheil der Injection zurücklaufen zu lassen, der sich aus der Canüle sogleich entleert, wobei in der Regel keine Bewegungen an dem Theile entstehen, der schon bis in die Alveolen vorgedrungen ist, während die größeren Gänge starke rückgängige Strömung zeigen, die sich jedoch auch zunächst beruhigt. Nach wenigen Minuten pflegt darauf die Strömung in den Axencanälen der Läppchen, entweder continuirlich mit allmählicher Beschleunigung oder leise rückend, intermittirend in längeren Pausen zu erfolgen und voraus signalisirt durch das Auftreten von Kerben am Rande der Läppchen. Wir können demnach nicht zweifeln, daß die Entstehung des gekerbten Zustandes dem secernirenden der Drüsenzellen entspricht. Läßt die Veränderung auf sich warten, so erfolgt sie sicher auf Einspritzung von Jaborandiextract in eine Schenkelvene.

Die Injectionen am Lebenden erfordern um so höheren Druck, je verbreiteter der gekerbte Zustand in der Drüse ist, und da die Injection diesen selber zu erzeugen vermag, so darf man sich nicht wundern, wenn auf eine erste Injection, die während vorgängiger Drüsenruhe vollkommen ausreichend bei kaum meßbaren Drucke von Statten ging, ein zweiter Versuch nach 15—20 Min., während welcher sich aus der Canüle viel wieder entleerte, bis

Digitized by Google

30 mm Hg. Druck erfordert. Wo beide Zustände der Drüsenläppchen in ziemlich gleicher Vertheilung vorhanden sind, dringt jedoch die Injectionsmasse nicht etwa zunächst nur in die Centralcanäle der glatten Läppchen ein, sondern auch in einen großen Theil der gekerbten, woraus zu schließen ist, daß diese einmal entstandene Form die Secretion beträchtlich überdauert. So mag es denn auch kommen, daß immer eine Anzahl gekerbter Alveolen zu finden ist, deren künstliche Füllung während langer Zeit keine rückläufige Bewegung antritt. Daß letzteres in glatt bleibenden Alveolen überhaupt nicht geschieht, ist zum wichtigsten Belege ihrer Unthätigkeit besonders anzuführen.

Im Zusammenhange mit der physiologischen Bedeutung der beiden Zellenformen des lebenden Pankreas gewinnt das Verhalten der Gefäße und des Blutlaufes im Umkreise der Alveolen besonderes Interesse. In dieser Hinsicht haben wir Eines constant gefunden, nämlich Beschleunigung des Stromes, wo die Absonderung unzweifelhaft war, d. h. wo der gekerbte Zustand sich grade entwickelte oder wo Injectionsmasse sichtbar zurückgedrängt wurde. War die Beschleunigung im Beginne der Beobachtung nicht vorhanden, so stellte sie sich entweder vor dem Auftreten der ersten Kerben ein, oder sie entwickelte sich allmählich mit der Kerbung. Oft wurde die Erweiterung der Blutbahnen mit gleichzeitiger Drüsenthätigkeit localisirt und in unmittelbarer Nachbarschaft ruhender Läppchen mit schwachem Blutstrome gefunden, so daß man ein übersichtliches Bild sämmtlicher Drüsenphänomene vor sich hatte. Dagegen war Gefäßerweiterung an ruhenden glatten Läppchen ebenfalls häufig und anhaltend, ohne daß die Gestalt der Alveolen sich änderte und sowol Gefäßenge wie Erweiterung an den gekerbt verharrenden Läppchen, aus denen auch nach erneueter Injection nichts zurückfloß, zu beobachten. Diese Thatsachen sind in Uebereinstimmung mit dem Verhalten der Gefäße an den Speicheldrüsen, wo der beschleunigte

Digitized by Google

Blutstrom bestehen kann, ohne Secretion, trotz vorhandener Secretionsfähigkeit, wie z. B. bei sehr schwacher Reizung der Chorda tympani oder nach Durchschneidung des N. sympathicus, sie lassen aber die Pankreassecretion von der Gefäßfülle abhängiger erscheinen, als die der Speicheldrüsen, welche auch bei verengten Gefäßen z. B. auf Sympathicusreiz absondern können, was am Kaninchenpankreas nicht beobachtet wurde.

Injicirt man das lebende Pankreas vom Ausführungsgange her, so geht die Masse in nicht wenigen gekerbten Läppchen sofort und unaufhaltsam über die Grenzen des Axenlumens hinaus, d. h. die Intercellularräume und die Rahmen oder Hohlkehlen unter der M. propria werden von ihr gefüllt. Wo dies nicht der Fall ist, genügt für die meisten Läppchen kurze Fortsetzung der Injection unter sehr geringer Drucksteigerung um die Masse auch dort auf die letzten Wege zu führen. Diese zunächst ungern gesehenen Maximalinjectionen wurden zu einem unerhofft günstigen Mittel um einige Details der pankreatischen Secretion zu untersuchen. Die Blutinjectionen erwiesen sich höchst geeignet, die Beschaffenheit des abgesonderten, fast noch an seinem Entstehungsorte befindlichen Pankreassaftes kennen zu lernen. Einzelne Blutkörperchen blieben gewöhnlich in den Alveolen liegen trotz constatirtem Abströmen des Saftes zum nächsten Gange, in andern Alveolen, namentlich da wo sich der eine oder der andere Zustand länger erhielt, auch größere Mengen. Diese Blutkörperchen verwandelten sich alsbald in eine lackfarbene dunkelrothe Masse, nach Hühnerblutinjection die deutlich bleibenden Kerne einschließend: eine Veränderung, die nur der tryptischen Wirkung des Saftes zuzuschreiben ist, welche diesem also sofort nach dem Austritte aus der ihn bereitenden Zelle zukommt.

Blutkörperchen sind ein so schlüpfriges, biegsames und elastisches Material, in so hohem Grade geeignet feine Poren zu durchdringen, daß es nicht wundern kann, sie im Pankreas überall

Digitized by Google

hin vordringen zu sehen, wohin künstliche Injectionsfarben gelangen. In der That gingen die elliptischen Blutkörperchen des Huhns wie jede dünnflüssige Masse zwischen die Secretionszellen und in die Räume unter der M. propria, ja sie drangen sogar vielfach zwischen diese und die Grundfläche der Zellen, wo sie sich kuppelförmige Räume schafften, in denen ihrer 4—6 eng zusammen liegen blieben. Mit Staunen haben wir gesehen, wie die elliptischen Scheibchen einzeln zwischen je 2 Pankreaszellen durchschlüpften, oft unter starker Verlängerung, und wie die Communication, die zum Centralcanal bestanden hatte, sich bis auf eine zarte Linie wieder verwischte. In andern Fällen blieben einzelne an dieser Stelle liegen, nach vorn und hinten durch die zusammenschließenden Zellflächen eingeschlossen, oder sie keilten sich nur mit einem Antheile ein, während der Rest mit dem Pankreassafte im Centrallumen in Berührung blieb. In letzterem Falle wurde das Körperchen bald undeutlich und es entstand ein birnförmiger blaßrother Hohlraum, dessen Spitze zum Drüsenlumen gerichtet war, wie es schien nun eine Auflösung des Körperchens enthaltend. Konnte man hierüber in Zweifel sein, so war andrerseits mit größter Sicherheit festzustellen, daß die einmal gänzlich zwischen den Zellflächen gefangenen und die bis zur M. propria gelangten Blutkörperchen garkeine Veränderung erlitten. Wir haben solche Objecte ganze Sommertage hindurch immer wieder beobachtet und die Blutkörperchen weder geschrumpft noch gequollen gefunden und auch dann nicht gelöst, wenn das Pankreas wieder reponirt worden war und gegen Abend nach dem Tödten des den Tag über freigegebenen Thieres untersucht wurde. Hiernach ist es also sicher kein vollkommener, albuminolytisch wirkender Pankreassaft, was sich am Orte der viel erörterten Intercellularspalten und zwischen den Drüsenzellen und der M. propria befindet, ja wahrscheinlich überhaupt kein Secret, ein vermuthlich für Drüsen aller Art zu beherzigender Umstand. Die Zellen sind

Digitized by Google

demnach nur befähigt durch ihre den Axialcanälen zugewendeten Fläche alle Bestandtheile ihres Secretes abzugeben.

Am wahrscheinlichsten ist es wol, daß die fraglichen Räume flüssiges Material durch die M. propria empfangen, also Lymphe oder Antheile derselben, und wir können nicht umhin, einen Anhalt dafür in dem von *Zeller*[1]) beobachteten Uebertreten von Indigcarmin aus dem Blute in solche Räume zu finden. Unter andern Drüsen fand *Zeller* dies auch am Pankreas des Frosches, freilich unter gleichzeitiger Irrigation der Bauchhöhle mit stärkerer, $1^1/_2$ % NaCl-Lösung, aber jedenfalls ohne sichtbare Veränderung der M. propria. Wir hatten uns bis heute über die Beschaffenheit der hindringenden Flüssigkeit nicht ausgesprochen, und auch nicht gesagt, wie *Zeller* meint, daß die Räume zum Lymphgefäßsystem gehörten, aber, daß die Flüssigkeit aus Lymphe zunächst stamme und ein Transsudat derselben sei, ist unsere Meinung, wie es im Grunde auch die *Zeller*'s ist, obwol derselbe die Beziehung zum Blute mehr betont. Nirgends ist das Zwischentreten von Lymphe zwischen Blut und Drüse auffallender, als beim Pankreas, nirgends klarer, daß Blutbestandtheile zum Gewebe nur durch das Medium der Lymphe gelangen. Wenn man also die Quellen der im Drüseninnern angelangten Lösung im Blute sucht, so heißt es, sie in nächster Instanz doch in die Lymphe verlegen, da wir eben keinen andern Körpersaft als die Lymphe kennen, wo Secrete und intracellulare Flüssigkeiten nicht in Frage kommen. Es wäre müßig, jetzt in Speculationen über etwaige Betheiligung der Pankreaszellen an der Bildung der Intercellularmasse einzutreten und zu erörtern, ob sog. Kittsubstanz ein eigenartiges Secret sei, das schwindet und wieder ersetzt wird u. dergl. Wir dürfen uns einstweilen mit dem Resultate begnügen, daß Das, was bis heute normaler Pankreassaft heißt, in der Drüse

[1]) *Virchow*'s Archiv. Bd. 73. S. 257.

Digitized by Google

nicht weiter zurückreicht als bis zu den Zellgrenzen an den Axencanälen der Alveolen.

Nicht unwichtig für die Frage nach der Transsudation durch Membranae propriae ist ein weiteres Phänomen, das wir gelegentlich der Blutinjectionen in das Pankreas fanden. Wo das Blut zu rothem Lacke verwandelt in den Alveolen liegen blieb, nahmen die Drüsenzellen, wie zu erwarten, nichts vom Blutfarbstoffe auf und da unter der M. propria nur wol erhaltene Blutkörperchen lagen, schien es natürlich, daß kein Uebertritt von Hämoglobin in die lymphatischen Räume des Mesenteriums von den Alveolen aus erfolgte. Gleichwol fanden sich aber einige Zeit nach jeder Blutinjection an vielen Stellen zwischen den Läppchen und besonders an den gröberen Drüsengängen rothe Höfe im Bindegewebe, von Hämoglobin gefärbt, obwol auch die Gangepithelien mitten in dieser Umgebung keine Blutfarbe angenommen hatten, und wenn man das injicirte Blut durch Verschluß der Canüle in der Drüse zurückhielt, so war das Pankreas mit Ausnahme der peripherischsten Läppchen nach 15—30 Min. fast überall in tiefrothe Mesenterialmassen eingeschlossen. Das Hämoglobin diffundirt also in gewissen Gegenden mit Leichtigkeit durch die Wandungen des Drüsenapparats und wir glaubten deshalb die M. propria bezüglich des Hämoglobins für höchst durchgängig halten zu müssen. Dem ist nicht so, falls man unter der Propria nur den Ueberzug der Alveolen versteht. Um darüber zu entscheiden, wurde durch Gefrieren oder durch Aether lackfarben gemachtes Kaninchenblut, dem der Aether im continuirlichen Vacuum wieder entzogen war, in derselben Weise, wie früher das nur geschlagene Blut in die lebende Drüse gebracht, wo es ebenso z. Th. in die Intercellurarräume und zwischen die Pankreaszellen und die Propria drang. Diesmal befand sich also freies Hämoglobin an der Binnenfläche der Membran, nicht wie früher innerhalb der Blutkörperchen enthaltenes. Dennoch blieb die Farbe an der Stelle liegen

Digitized by Google

und es war im Umkreise der Läppchen nicht eher Färbung zu sehen, als bis dieselbe aus den Gängen und den compakteren, centralen gangreichen Theilen der Drüse allmählich hindringen konnte. Dagegen begannen die Gänge sich sofort mit starken, bald confluirenden rothen Höfen zu umgeben. Die Hämoglobinlösung dringt also sehr leicht nicht nur zwischen den Gangepithelien zu den Bindegewebsmassen, aus welchen die Gänge z. Th. bestehen, sondern auch durch diese weiter und zuerst durch deren Grundmembran, wenn ihnen eine solche als continuirliche Fortsetzung der Propria der Läppchen zukommt, die dann sehr verschieden von der Umhüllung der Alveolen sein müßte.

Versuchsprotokolle.

1. Vor der Operation 5 Cub. Cent. Chloralhydrat von 5pCt. subcutan, nachdem die Darmschlinge am Mikroskop untergebracht ist, noch 5 CC. Chloral. Die Blutbewegung ist sofort sehr beschleunigt; die meisten Alveolen sind gekerbt. Die Beobachtung mußte abgebrochen werden, wegen zu heftigen Pulsirens des Präparats.
2. Aethernarkose. Gasbeleuchtung. Großes Kaninchen. Pankreas zu dick für ausgedehntere Beobachtungen. Anfang der Beobachtung 10 Uhr. Die meisten Läppchen sind gekerbt, die Zellen nur schwach mit Körnchen gefüllt. Blutbewegung anfangs schwach, wird bald geschwinder, nimmt ab und erhält sich auf mittlerem Zustande. Um 12 Uhr sind die meisten Alveolen glattrandig. Erst um 2 Uhr 30 Min. fließt etwas Saft aus der Canüle. Die Zellen zeigen sich mehr, manche sehr reichlich mit Körnchen gefüllt. Die Alveolen nehmen wieder gekerbte Ränder an. 3 Uhr Blutströmung allgemein sehr rasch.
3. Kleines Kaninchen. Aether. Anfang 12 Uhr 15. Min. Läppchen *a*. Kerbung kaum angedeutet, ebenso die Zellgrenzen. Fast in allen Zellen einzelne dunkle Körnchen in der äußeren Zone. — Läppchen *b*. letztere Körnchen sehr weit nach außen; freier Rand stark gekerbt. — Läppchen *c*. keine Körnchen im Basaltheile der Zellen; starke Kerbung. — Läppchen *d*. wie *c*. — Läppchen *e*. ähnlich, Zellbegrenzung nicht ganz so deutlich wie in *c* und *d*. — Gefäße an den meisten Stellen weit. 2 Uhr. a. Nächste Gefäße eng, mit sehr langsamer Bewegung;

Digitized by Google

Alveolen glatt geblieben; Körnchen der Zellbasen vielleicht etwas vermehrt. — b. Der ganze Rand glatt, alle Zellgrenzen verwischt. — d. Blutgefäße weit, Basalkörnchen ganz verschwunden, Zellspitzen sehr arm an Körnchen; Ränder stark gekerbt, alle Zellgrenzen scharf. — e. ganz glatt, Zellgrenzen nicht zu sehen, Basalkörnchen bis zur Kernzone vorgerückt. — Von 12—4 Uhr fielen von Zeit zu Zeit Secrettropfen aus der Canüle.

4. Alle Läppchen glatt, enge Gefäße und langsamer Capillarstrom. Injection von defibrinirtem Hühnerblut in den Ductus; Druck 30 mm Hg. Sofort überall stark beschleunigte Circulation. Die große Mehrzahl der Läppchen erhält in den nächsten 10 Min. stark gekerbte Ränder, alle Zellgrenzen werden deutlich. Von 10 bis 12 Uhr 20 Min. wird an vielen Zellen Vorschreiten der Körnchen nach dem Centrallumen der Alveolen hin beobachtet. Blutige Flüssigkeit tropfte langsam aus der Canüle. Um 12 Uhr sind viele Läppchen frei von Vogelblutkörperchen, andere mit blaßrother Lackfarbe und vereinzelten Kernen gefüllt. 3 Uhr 30 Min. Blutbewegung sehr rasch; alle Läppchen gekerbt, mit einzeln sichtbaren Zellen. Die Körnchen haben stark abgenommen. Im Mesenterium in der Nähe der Pankreasgänge große rothe Flecke.

5. Kaninchen seit 24 St. hungernd. Blutbewegung sehr rasch, wird nach $^1/_4$ St. langsam. Läppchen überall anfänglich glatt, werden z. Th. gekerbt. Durch Zufall sinkt die Temperatur der Ueberrieselung auf 18° C., worauf die Circulation sehr abnimmt, nach einiger Zeit aber sehr rasch wird, trotz dauernder Abkühlung.

6. Kaninchen unmittelbar vor dem Versuche gefüttert. 10 Uhr 30 Min. alle Alveolen glatt, Zellgrenzen unsichtbar; Blutbewegung langsam. 11 Uhr 20 Min. beginnt die Circulation sich stark zu beschleunigen; Pankreassaft tropft. Die Läppchen nehmen mit wenigen Ausnahmen stark gekerbte Ränder an und die Zellgrenzen werden sehr deutlich, z. Th. durch doppelte Contouren. An manchen Stellen war in einigen Minuten das Vorrücken von Körnchen an die Stellen kleiner blasser, nahe der Zellspitze entstandener Vacuolen zu constatiren. 12 Uhr 50 Min. starb das Kaninchen.

7. 10 Uhr 40 Min. Circulation langsam und sehr regelmäßig; kleine Venen neben Arterien am Hilus einiger Läppchen sehr scharf durch die dunklere Farbe zu unterscheiden. Alle Läppchen glatt berandet, Zellen selten zu unterscheiden, sehr mäßige Erfüllung mit Körnchen. 11 Uhr 30 Min. Injection geschlagenen Hühnerblutes, von dem reichlich einfließt bei kaum meßbarem Druck. Die Blutbewegung wird schneller und schneller, bald maximal; kein Unterschied der Farbe zwischen Venen und Arterien. Das Vogelblut ist nur in einen Theil der Al-

Digitized by Google

veolen eingedrungen und wird daselbst in kurzer Zeit lackfarben. Nach 15—20 Min. sind alle Alveolen stark gekerbt und der Blutlack nebst den Kernen der Blutkörperchen fließt ziemlich rasch zurück, während lackfarbene Flüssigkeit aus der Canüle tropft bis 12 Uhr 30 Min. Die Körnchen sind jetzt überall in den Spitzen der Zellen zusammengedrängt, so daß eine helle Zone von ihnen bis zum Kern reicht.

8. Kleines Kaninchen. Alle Läppchen glatt, Zellen außerordentlich reich an Körnchen, auch viele verstreute Körnchen in den Zellbasen. Sehr lebhafte Blutbewegung, aber keine Veränderung in 4 Stunden zu bemerken, während welcher auch kein Tropfen aus der Canüle tritt.

9. Injection von Milch in den Ausführungsgang. Erscheinungen fast genau wie bei Vers. 7. Nach 4 Stunden wird die Drüse außerordentlich hyperämisch und flottirt im Mesenterium, worauf das Thier stirbt.

10. Blutbewegung rasch, nimmt noch bedeutend zu auf Injection von Vogelblut in den Ductus. In den Alveolen werden die Blutkörperchen bald gelöst. Die vorher stark gekerbten Alveolen verharren in diesem Zustande, doch fließt das lackfarbene Blut aus den Alveolen nicht wieder ab und auch nur wenig aus der Canüle aus. Kaninchen stirbt nach 3 Stunden.

11. Glascanüle mit Schlauch und Manometer mit Quecksilber gefüllt, erst nach vorgängiger Beobachtung der Drüse im Ductus befestigt. Gleich nachher beschleunigte Circulation und rasche Entwicklung glatter Läppchen zu gekerbten. Das Quecksilber steigt im Manometer auf 20 mm und verharrt auf diesem Punkte 4 Stunden. Während dieser Zeit bleiben alle Theile der Drüse stark gekerbt und die Körnchenhaufen werden bedeutend kleiner und dichter, zuletzt auf eine schmale, dem Centralcanale unmittelbar benachbarte Zone beschränkt. Im Basaltheile fast aller Zellen sind einzelne größere Körnchen aufgetreten. Die Blutcirculation bleibt beschleunigt. Beim Abnehmen des Manometers wird im Schlauche viel wirksamer Saft gefunden. Trotz des stark gekerbten Zustandes sind die Centrallumina der Alveolen sichtlich ausgedehnt. Nach einer weiteren Stunde, während welcher kein Saft erschien, sind die meisten Alveolen glatt und die Blutbewegung ist verlangsamt. Die Körnchen der Zellbasen sind größtentheils verschwunden, die Haufen vor dem Kern anscheinend vergrößert.

12. Circulation langsam aber regelmäßig. In einem horizontal an die Canüle befestigten Glasrohre tritt von 11 Uhr 10 Min. bis 12 Uhr 30 Min. kein Saft auf. Alle Drüsenläppchen haben sich glattberandet erhalten, die Erfüllung mit Körnchen vorn ist sehr bedeutend. Circulation bleibt unverändert.

13. Blutbewegung ziemlich rasch, kleine Venen aber an der Farbe er-

Digitized by Google

kennbar. Ein Theil der Läppchen ist glatt berandet. An diesen wird electrischer Reiz probirt, mit Einzelschlägen oder tetanisirend, sehr schwach beginnend, zuletzt ziemlich stark. Der einzige Erfolg ist vorübergehender Stillstand des Blutes in den intrapolar liegenden Läppchen. Gekerbte Läppchen ändern sich ebensowenig. Bei starken Strömen werden die Zellbasen etwas trüb.

14. Rasche Blutströmung; die Mehrzahl der Läppchen stark gekerbt, darunter einige vollkommen glatt; Pankreassaft tropft aus der Canüle. Die Drüse wird frei hängend oben mit dem Deckglase bedeckt, eine Stelle, worin sich glatte Läppchen befinden, eingestellt, worauf von unten freie Electroden mit Platinkügelchen in die Nähe des Läppchens gebracht werden. Etwa jede Secunde wird ein schwacher, an der Zunge grade fühlbarer Inductionsschlag zugeleitet: damit 1 Min. fortgefahren. An dem Alveolus sind die Zellgrenzen entschieden deutlicher geworden. In den nächsten 5 Min. keine Veränderung. Der Reiz wird wiederholt, etwa 30 Schläge nach minutenlanger Unterbrechung angewendet, worauf sich der gekerbte Zustand in den nächsten 10 Min. ausbildet. Andere nicht weit entfernte glatte Läppchen haben sich während dieser Zeit nicht verändert. An einem Läppchen wird derselbe Reiz tetanisirend angewendet und die Lage des Electroden oft gewechselt. Es ist garkein Erfolg zu bemerken. Bei verstärkter Reizung stockt im Umkreise des Läppchens die Circulation.

15. Kaninchen nach 24stündigem Hunger. Die Drüse ist sehr schwach geröthet, wird aber, obwol einstweilen unberührt, sichtlich allmählich röther, worauf sie unter dem Mikroskop stark erweiterte Gefäße zeigt. Die Läppchen, deren Zellen bis zur Kernzone weit auseinander liegende Körnchen enthalten, sind glatt und bleiben es von 12 Uhr bis 1 Uhr 15 Min., während andauernder Hyperämie. Um diese Zeit nehmen einige gekerbte Ränder an und die Secretion beginnt. Ein Tropfen fällt aus der Canüle um 1 Uhr 31, 1 Uhr 35, 1 Uhr 40, 1 Uhr 44, 1 Uhr 50, 1 Uhr 54, 1 Uhr 56, 2 Uhr, 2 Uhr 4, 2 Uhr 8 Min. Hierauf wird mit äußerster Vorsicht unter grade hinreichendem Druck (weniger als 20 mm Hg) geschlagenes Hühnerblut in den Gang gedrängt, bis dasselbe in mehreren glatten Alveolen erscheint. Ohne den Injectionsapparat zu entfernen werden alle zugänglichen Stellen der Drüse abgesucht: fast alle glatten Alveolen sind gefüllt, aber kein einziges gekerbtes Läppchen. Endlich füllen sich aber auch diese bei 40 mm Druck und die Blutkörperchen schreiten darin fast überall zwischen die Zellen und bis zur M. propria vor.

16. Injection von Jaborandiextrakt in eine Vene erzeugt starken Speichelfluß aber keine Veränderung in der schwachen Pankreassecretion. Als

Digitized by Google

hierauf Milch in Gang geführt wurde, trat sogleich starke Beschleunigung und rasches Zurückfließen der Milch ein, während die Alveolen in ungewöhnlichkurzer Zeit sämmtlich in einen so stark gekerbten Zustand übergingen, daß die Zellen wie die zusammengedrängten Beeren einer Traube aussahen.

17. Kaninchen um 9 Uhr gefüttert, Präparat um 11 Uhr 30 Min. hergerichtet. Die Drüse war arm an Körnchen und glattrandig. Bis 3 Uhr kein Secret, während verschiedene für die Drüse erfolglose electrische Reizversuche mit sehr mäßigen Strömen angestellt waren. 3 Uhr 40 Min. begann Secretion unter Kerbenbildung an den Läppchen; um 4 Uhr dies überall sehr ausgeprägt. Zur Berieselungsflüssigkeit wurde jetzt $^{1}/_{5}$pCt Atropinsulfat gefügt. Die Secretion stockte darauf in wenigen Minuten und alle Läppchen wurden nach und nach glatt unter Verlust der Zellgrenzen. Auf die mäßig beschleunigte Blutcirculation hatte das Atropin keinen Einfluß. Als nach vollkommener und allgemeiner Glättung der Läppchen wieder reine NaCl-Lösung zum Berieseln verwendet wurde, tropfte wieder Saft aus der Canüle und wurden die Läppchen größtentheils wieder gekerbt.

Die Atropin-NaCl Mischung bei einem andern Kaninchen, dessen Pankreas gut absonderte, in den Ausführungsgang gebracht, hob die Secretion sofort dauernd auf und die gekerbten Läppchen der Drüse wurden glatt.

18. Kaninchen um 9 Uhr gefüttert. Operation und Präparation 1 Uhr 20 Min. Aus der Canüle fallen Tropfen, um

1 Uhr 27 Min.	1 Uhr 51 Min.	2 Uhr 15 Min. hört die Absonderung auf.
1 „ 31 „	1 „ 55 „	Die Circulation wird jetzt langsamer und
1 „ 36 „	1 „ 56 „	die vorher fast sämmtlich gekerbten Läpp-
1 „ 40 „	1 „ 59 „	chen werden glatt.
1 „ 44 „	2 „ 3 „	Um 2 Uhr 40 Min. wird Jaborandiex-
1 „ 48 „	2 „ 7 „	trakt in eine Schenkelvene eingespritzt,
	2 „ 10 „	worauf die Secretion alsbald beginnt.

Tropfen fallen:	2 Uhr 44 Min.	2 Uhr 59 Min.	3 Uhr 19 Min.
	2 „ 47 „	3 „ 2 „	3 „ 23 „
	2 „ 50 „	3 „ 7 „	3 „ 26 „
	2 „ 53 „	3 „ 11 „	3 „ 30 „
	2 „ 56 „	3 „ 15 „	

Die Drüsenläppchen waren jetzt alle wieder gekerbt und die Zellgrenzen sehr deutlich, während die Circulation wieder zugenommen hatte. Da der Abfluß stockte, wurde eine neue Dosis Jaborandi gegeben: es fielen Tropfen um

Digitized by Google

3 Uhr 34 Min.	Um 3 Uhr 58 Min starb das Thier
3 „ 37 „	unter Krämpfen. Die Pankreaszellen
3 „ 40 „	schienen jetzt trüber geworden zu
3 „ 45 „	sein.
3 „ 48 „	
3 „ 52 „	

19. Ziemlich großes Kaninchen. Rasche Blutströmung, Pankreasläppchen überall fast traubenförmig. Secrettropfen:

1 Uhr 20 Min.	1 Uhr 38 Min.	Die Berieselung wird auf 4° C. ge-	
1 „ 26 „	1 „ 40 „	kühlt. Tropfen fallen weiter aus	
1 „ 28 „	1 „ 42 „	der Canüle um	
1 „ 29 „	1 „ 44 „	1 Uhr 53 Min.	
1 „ 31 „	1 „ 45 „	1 „ 54 „	
1 „ 34 „	1 „ 47 „	1 „ 57 „	Blutbewegung
1 „ 36 „	1 „ 49 „	2 „ — „	stark verlang-
		2 „ 3 „	samt.

Die Berieselung wird wieder auf 38° C. gebracht, worauf die Blutbewegung bald wieder zunimmt und etwa jede 2—3 Min. ein Tropfen fällt. An der Drüsensubstanz war während der Abkühlung keine Veränderung bemerkbar und es zeigte sich auch, daß das Pankreas noch eine Abkühlung von 20 und von 10 Min. ertrug, während welcher die Absonderung freilich erlosch, ohne das Vermögen zu verlieren, bei späterem Erwärmen wieder lebhaft zu secerniren.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. 2.

Einrichtung zur mikroskopischen Untersuchung des lebenden Kaninchenpankreas. Erklärung im Texte.

Taf. 3.

Dünner Lappen des Kaninchenpankreas, von der Aorta aus bei sehr geringem Drucke mit löslichem Berlinerblau injicirt. Sämmtliche Blutbahnen, Arterien, Capillaren und Venen sind gefüllt: an vielen Stellen glomerulusartige Figuren.

Taf. 4.

Pankreas vom Kaninchen mit injicirten Capillaren, zur Demonstration der Gefäßarmuth vieler Drüsenlappen- und Ränder.

Taf. 5.

Fig. 1 und 2. Schnitte aus dem Pankreas vom Kaninchen mit injicirten Gefäßen. Alkoholhärtung, Färbung mit Hämatoxylin; in Canadabalsam.

Digitized by Google

a. a. Intertubuläre Zellhaufen mit den weiten Capillaren der Glomeruli. *b. b.* Drüsenzellen. Vergr. *Hartnack* VIII, Oc. 3.

Fig. 3. Injicirte Gefäße aus dem Pankreas des Kaninchens. *a. a.* Glomeruli. *b. b.* Netze feiner Capillaren der Drüsenläppchen.

Fig. 4 u. 5. Wie Fig. 1 und 2 vom Hunde.

Taf. 6.

Fig. 1. Läppchen des lebenden Kaninchenpankreas mit erhaltener Blutcirculation. Die Blutgefäße durch rothen Druck bezeichnet. Starke Vergrößerung.

Oben und Rechts bei *a* in Absonderung begriffene Alveolen, Unten und Links bei *b* ruhende Alveolen. Bei *a* alle Zellgrenzen deutlich, die Drüsenränder und Oberflächen gekerbt, bei *b* die Ränder glatt, die Zellen etwas reicher an Körnchen, ihre Grenzen nur an wenigen Stellen sichtbar. Kerne der Zellen selten angedeutet (*c*).

Fig. 2. Schnitt aus dem frisch in Alkohol gelegten Pankreas von Macacus cynomolgus. Das Bild zeigt einen der großen intertubulären Zellenhaufen, von Drüsenläppchen umgeben. Die Drüsenzellen mit gelblich tingirtem, streifigem Protoplasma. Die gelbrothen Kerne der Pankreaszellen, im Präparate verwaschener, sind in der Figur zu scharf contourirt. Behandlung mit Picrocarmin und Canadabalsam.

Heidelberg, April 1882.

Digitized by Google

Bemerkungen zu Herrn *Hoppe-Seyler*'s Darstellung der Optochemie.

Von **W. Kühne.**

Im 4. Theile seiner „physiologischen Chemie" hat Herr *Hoppe-Seyler* einige Excurse in die Nervenphysiologie und eine Darstellung der Optochemie versucht, die von physiologischer Seite nicht mit Stillschweigen übergangen werden können und mich auch in historischer Beziehung zu einigen Bemerkungen verpflichten.

S. 685 der „physiologischen Chemie" heißt es: *„Nichtsdestoweniger ist der Vorgang bei der Leitung im Nerven doch mit electrischer Spannungsänderung verbunden. Dies ergaben die Untersuchungen von Holmgren, sowie von M'Kendrick und Dewar über die Einwirkung des durch Licht von der Retina her erregten lebenden Sehnerven auf die Magnetnadel eines sehr empfindlichen Galvanometers."* Weshalb der Verfasser an dieser Stelle den einzig entscheidenden Versuch von *du Bois-Reymond* [a]) am N. ischiadicus des mit Strychnin vergifteten Frosches unterdrückt, der doch dadurch an Werth nicht verliert, daß er wenigstens 22 Jahre älter ist, als alle Kenntniß von Schwankungen der Retinaströme, ist unbegreiflich, wenn man nicht voraussetzen will, daß Herr *Hoppe-Seyler* den Versuch nicht gekannt habe. Noch unbegreiflicher ist es, weshalb Herr *Hoppe-Seyler* den Englischen Forschern [b]) einen Versuch zuschreibt, den sie nie gemacht haben, ja von dem sie nicht einmal reden und weshalb er sich auf den Schwedischen Physiologen beruft, der von dem Versuche nur sagte, daß er resultatlos gewesen und vermuthlich hoffnungslos sei [c]). Man müßte den N. opticus mit der Retina oder mit dem Bulbus verwechseln, um Herrn *Hoppe-Seyler*'s Verwechselung zu begreifen.

a) Unters. über thier. Electr. II. 1. S. 512 u. f. 1849.
b) Transact of the R. Soc. of Edinburgh. XXVII. S. 141 (1870), Journ. of Anat. a. Physiol. Nr. XII. S. 275.
c) Upsala Läkareför. Förhandl. VI. S. 419—455 (1871) u. *Holmgren*: diese Unters. III. S. 306 u. 307.

S. 700 versucht Herr *Hoppe-Seyler* folgende Darstellung der Nervenerregung durch Licht: *„Die Wellenlänge des letzteren kann nicht wol anders*

percipirt werden als durch einen der Schwingungsgeschwindigkeit der auf das Auge wirkenden Lichtart entsprechenden Erregungsmodus im Organe, welches die Uebertragung der Lichtbewegung auf den Nerven ausführt. Der Nervenstrom muß nach dieser Vorstellung selbst sehr schnelle Dichtigkeitsschwankungen haben, dem steht aber nicht allein nichts entgegen, sondern es werden auch die Perceptionen der Wärmeschwingungen durch die sensiblen Endorgane in der Haut und die des Schalles im Ohr allein auf diesem Wege verständlich. Es sind dies jedoch vorläufig noch unproductive Hypothesen, da es noch an Methoden zur Prüfung ihrer Richtigkeit fehlt." Wenn man im letzten Satze das „vorläufig noch" streicht, wird der Vordersatz sich allgemeiner Zustimmung erfreuen, der Nachsatz ebenso allgemein bestritten werden: denn die Prüfung ist ja längst vollzogen, so lange man Farben sah auf Reizung des Auges ohne Licht. Herr *Hoppe-Seyler* mahnt uns, nicht zu vergessen, daß die Lehre von den specifischen Sinnesenergieen und das Beste, was *Th. Young*, *Joh. Müller*, *Helmholtz* auf diesem Felde schufen, für einen Theil der heutigen Generation noch verloren ist. Bei dem Verfasser einer „physiologischen Chemie" könnte dies allerdings überraschen, wenn man nicht wüßte, welchem Schicksale entscheidende Thatsachen da zu erliegen pflegen, wo sie zur schneidigsten Waffe werden sollten. Liest man doch, schmerzlich überrascht, ich bekenne es, in *Lotze*'s kürzlich posthum erschienenen „Grundzügen der Psychologie" (S. 13) zur Lehre von den specifischen Energieen: „*Nun kann schwerlich in dem gespannten Augapfel eine Bewegung der ponderabeden Theile durch Stoß geschehen, ohne daß ein Theil derselben sich auch in Bewegungen des im Auge befindlichen Aethers umsetzt und so eine Lichtbewegung erzeugt, die nun als adäquater Reiz auf den Sehnerven ebenso wirkt, als wenn sie von außen käme.*" Wirkte nicht der Stoß auch auf den Stamm des Sehnerven, der durch Licht nicht zu erregen ist, und wären diejenigen Aetherschwingungen, die der Stoß etwa zu erzeugen vermöchte, nicht nachweislich indifferent für die Retina, so ließe sich Das noch hören, aber schwerlich würde damit die Kluft geschlossen, welche die Physiologie hier von dem unsterblichen Verfasser des „Mikrokosmus" trennt, der einst ihre Wege ging.

Bezüglich der Entdeckung des Sehpurpurs und der chemischen Vorgänge in der Retina hat Herr *Hoppe-Seyler* versucht, einen Mythus zu gestalten, der mit der Behauptung (l. c. S. 194) beginnt, *Boll* habe gefunden, daß „*die rothen Stäbchen der Retina nach Entfernung aus dem Körper im Dunkeln ihre Farbe längere Zeit erhalten, am Lichte aber bald einbüßen*". Dies ist unrichtig. Das habe ich gefunden[a]) im Gegensatze zu *Boll*[b]), und von *Boll* wurde erst später[c]) zugegeben, daß die Stäbchenfarbe sich längere Zeit nach dem Tode im Dunkeln halte: eine durch mich veranlaßte Correktur seiner Angaben, nach denen das Erblassen der herausgenommenen Retina

Digitized by Google

nicht dem Lichte, sondern dem Absterben [b]) zuzuschreiben war und eine Correktur, welche sich in 5 Publicationen von *Boll* [d]), die der meinigen folgten, noch nicht findet, sondern erst in der letzten 6ten [c]).

a) Zur Photochemie der Netzhaut, erschienen 11. Jan. 1877 in Verhandl. d. Naturhist. Med. Vereins zu Heidelberg. 1877. S. 484 u. diese Untersuchungen I. S. 1.

b) Monatsber. d. k. Acad. zu Berlin. 29. Nov. 1876. Acad. d. Lincei. 3. Dec. 1876. Atti I. S. 36.

c) Arch. f. Anat. u. Physiol. S. 4, das. 6. März, erschienen 13. Juli 1877.

d) 1. Lincei. S. 41. — 2. Acad. z. Berlin. 11. Jan. — 3. Lincei. S. 73. — 4. Acad. z. Berlin. 19. Febr. 1877. Monatsber. S. 72. — 5. Centralbl. f. d. Med. Wissenschaft. 31. März. 1877. S. 230.

Ferner sagt Herr *Hoppe-Seyler* (l. c. S. 694), *Boll* habe gefunden, daß *„eine partiell erleuchtete Retina auch nur soweit sie beleuchtet ist, erblaßt.“* Herr *Hoppe-Seyler* könnte wissen, daß der Versuch, durch den *Boll* dies erkannt zu haben glaubte [a]), nicht ausführbar ist, und wenn ihm meine Erörterungen [b]) über das fragliche Froschoptogramm unzugänglich waren, so hätte er herausfinden können, was ich dem Leser zu finden überließ, daß von Erkennung scharfer localer Ausbleichung im Froschauge überhaupt nicht die Rede sein kann, falls man die Retina im Hellen präparirt, ein Verfahren, das *Boll* nach seiner Aussage in der Zeit, als er ein Optogramm erhalten zu haben meinte, anwendete. Ueberdies wurde die Retina nicht auf Pseudooptogramme untersucht, die bekanntlich im Froschauge sehr häufig sind und die Täuschung bestenfalls erklären könnten.

a) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1877. S. 9.

b) Diese Unters. I. S. 228—230.

Weiter verbreitet Herr *Hoppe-Seyler* Unrichtiges, indem er meine Beobachtungen über das Verhalten der Stäbchenfarbe gegen Reagentien denen *Boll*'s nachsetzt (l. c. S. 694). Diese Art der Untersuchung war es grade, die ich allein beginnen konnte, weil ich die Methode dazu geschaffen hatte [a]), d. h. das Arbeiten in unschädlicher Beleuchtung. In der That liegen zwischen meinen und *Boll*'s ersten auf diesen Punkt bezüglichen Angaben 3 Monate der Datirung [b]), mehr als 6 Monate der Veröffentlichung.

a) Photochemie d. Netzhaut. S. 2. 1877. 5. Jan.

b) Arch. f. Anat. u. Physiol 1877. 6. März.

Herr *Hoppe-Seyler* schreibt auch die Entdeckung der Bewegungen des Fuscins in den Pigmentepithelien *Boll* zu, während ich dieselbe gefunden habe. *Boll* hielt das Haften und die Schwärzung der belichteten Retina für die Folge einer Erweichung der Netzhaut [a]); worauf ich zuerst auf die schon von *Czerny* vermutheten amöboïden Bewegungen der Epithelzellen wies und das Wandern, sowie die Abschichtung des Fuscins in der lebenden Netzhaut fand [b]). *Boll* erklärte darauf das Vorschreiten des Pigmentes aus einer Verlängerung der Epithelbärte [c]), acceptirte aber in seinem letzten Autorreferat die Erklärung der Erscheinung durch die Wanderung der

Fuscinnadeln [d]). Ich halte übrigens meine Auffassung erst durch die mit Herrn *Sewall* [e]) gemeinsam durchgeführte Untersuchung an dem Guanin-Pigmentepithel von Abramis für ganz erwiesen.

a) Monatsber. d. k. Acad. zu Berlin. 19. Febr. 1877. S. 73, erschienen 15. Mai 1877.

b) Diese Unters. I. S. 21 u. 101, erschienen 1. Mai 1877.

c) Centralbl. für die Med. Wiss. 9. Juni 1877. S. 408. Archiv f. Anat. u. Physiol. 1877. S. 28.

d) Centralbl. f. d. Med. Wiss. 29. Sept. 1877. S. 701.

e) Diese Unters. III. S. 221.

Herr *Hoppe-Seyler* läßt *Boll* unglaublicher Weise auch die Regeneration des Sehpurpurs durch das Retinaepithel entdecken, was ich bekanntlich allein beobachtete und bewies [a]), während sich in keiner von *Boll*'s Publicationen irgend eine Thatsache oder Beobachtung findet, die auch nur eine Mitwirkung des Epithels bei diesem Vorgange andeutete, wahrscheinlich machte oder gar erwiese.

a) Photochemie d. Netzhaut u. diese Unters. I. S. 7—9.

Daß die Regeneration des Rhodopsins unabhängig von der Erhaltung des Sehnerven ist, soll nach Herrn *Hoppe-Seyler* (l. c. S. 698) *Colasanti*, 1 Jahr später *Holmgren* gefunden haben: ich hatte lange vorher gezeigt, daß die Regeneration noch im exstirpirten Bulbus [a]) geschieht, dessen Sehnerv doch durchschnitten ist.

a) Vergl. Photochemie der Netzhaut l. c., wo auch Herr *Ranvier*, der mich das „pigment rétinien" den Sehpurpur regeneriren läßt (Traité technique d'Histologie, f. 6. S. 970), das Gegentheil von seiner Angabe finden wird.

Endlich hat sich Herr *Hoppe-Seyler* (l. c. S. 697) mit Herrn *Cahn* (Inaug.-Dissert. Straßburg. 1881, S. 12) vereinigt, um die Myeloïdkörner des Retinaepithels durch *Angelucci* entdecken zu lassen, die viel früher von *Ewald* und mir [a]) als etwas besonderes erkannt worden waren, nämlich als unlöslich in Alkohol und Aether, dagegen löslich in Galle und nach Art der Stäbchenaußenglieder erstaunlich quellbar und vergänglich in Aetznatron. Diese „farblosen Klümpchen" konnten also keine „entfärbte Fetttropfen" [b]) sein, welche *Boll* an ihrer Stelle angenommen hatte. Da die Herren *Cahn* und *Hoppe-Seyler* dies Alles recht gut wußten, als es ihnen gefiel, Herrn *Angelucci*, der es wagte, von den Körnern zu sagen, daß er sie „niemals beschrieben gefunden" [c]) habe, in seinem Plagiat zu unterstützen, so kann bei ihnen der Appell an die historische Wahrheit nichts nützen. Damit sie aber nicht aus der Verwechselung gebleichter Fetttropfen mit Myeloïdkörnern noch die Entdeckung der letzteren schmieden, will ich sie an die hübsche Geschichte erinnern, welche *Liebig* über die Entdeckung des Broms zu erzählen liebte. *Liebig* hatte durch Einwirkung von Chlor auf Kreuznacher Mutterlaugen das Brom erhalten, aber weil er es nicht untersuchte und mit der Annahme, es habe sich Chlorjod gebildet, zufrieden war, nicht gemerkt,

Digitized by Google

daß er vor einem neuen Elemente stand, wie er zu seiner Ueberraschung erfuhr, als *Balard*, der umsichtiger gewesen war, auf demselben Wege das Brom wirklich entdeckte. Es liegt mir fern, eine Sache, die noch eine histologische Kleinigkeit ist, nur groß genug um mißgünstigen Darstellungen Stoff zu liefern, in Parallele mit *Balard*'s Entdeckung zu stellen: ich habe aber gern an die Geschichte des Broms erinnert, weil unsere Unterhaltungspresse unlängst Pariser Unverschämtheiten verbreitete, mit denen *Balard* für seine Entdeckung gedankt wurde.

Auf die unter der Leitung von Herrn *Hoppe-Seyler* ausgeführte Arbeit des Herrn *Cahn* werde ich bei anderer Gelegenheit eingehen. Nach den eben gegebenen Proben ist es fast selbstverständlich, daß darin Dinge, die ich gefunden habe und bei Herrn *Hoppe-Seyler* bestätigt wurden, als neu mitgetheilt [d]) werden, z. B. die Gewinnung eines Körpers aus der Retina, der mit SH_2O_4 eine reducirende Substanz liefert, vermuthlich Cerebrin [e]).

a) Diese Unters. I. S. 287 (Nov. 1877.), erschienen 20. Dec. 1877.

b) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1877. S. 23.

c) Arch. f. Anat. u. Phys. Physiologische Abth. 1878. Mai 1878. S. 360. Zeile 3.

d) l. c. S. 7.

e) Handb. der Physiol. Herausgegeben von *L. Hermann*. III. 1. S. 256.

Heidelberg, April 1882.

Digitized by Google

Inhaltsverzeichniss des zweiten Bandes.

Seite.

Vergleichend-physiologische Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge von *C. Fr. W. Krukenberg* 1
I. Die Verdauungsvorgänge bei einigen Cephalopoden und Pulmonaten 2
II. Ueber die Verdauung einiger Articulaten 23
1. Astacus fluviatilis *Rond* 23
2. Periplaneta (Blatta) orientalis *L.* nebst Bemerkungen über die Function der sog. Kaumägen 26
3. Hydrophilus piceus *L.* 32
III. Die Verdauungssecrete und deren Bildungsstätte bei Lumbricus terrestris *L.* 37
IV. Das Vorkommen des diastatischen Enzymes in den Drüsen des Verdauungsapparates einiger einheimischer Süsswasserfische . . 41
Erklärung der Abbildung 45
Beobachtungen über Druckblindheit von *W. Kühne* 46
Ueber die Stäbchenfarbe der Cephalopoden. Briefliche Mittheilung an den Herausgeber von *C. Fr. W. Krukenberg* 58
Erwiderung auf einen Angriff des Herrn Hoppe-Seyler von *W. Kühne* 62
Beobachtungen an der frischen Netzhaut des Menschen von *W. Kühne* 69
Ueber Sehpurpur und Retinaströme. Aus den „Upsala Läkareförenings Förhandlingar“ übersetzt und für diese „Untersuchungen“ mitgetheilt von *Frithiof Holmgren* 81
I. Vom Retinastrome im purpurlosen Auge 82
II. Vom Sehpurpur im stromlosen Auge 85
III. Vom Sehpurpur und dem Retinastrome bei durchschnittenem Sehnerven 86
Fortgesetzte Untersuchungen über die Retina und die Pigmente des Auges von *W. Kühne* 89
I. Zum Verhalten der Netzhaut des Menschen 89
II. Bemerkungen über die Farbstoffe der Vogelretina 105

Digitized by Google

Seite.
III. Vom braunen Pigmente des Auges 112
Schlusserörterungen 119
Erklärung der Abbildungen 131
Zur Geschichte des Hämoglobins der Muskeln von *W. Kühne* . . . 133
Literatur zu Herrn *Holmgren's* Mittheilung auf S. 81. 136
Zur Histologie der Nervenfaser und des Axencylinders von Dr. *Th. Rumpf* 137
Die Scheiden des Markes 143
Der Axencylinder 162
Zur Histologie der motorischen Nervenendigung von *W. Kühne* . . . 187
Besitzen die intramuskularen Nerven Scheiden? 189
Gestalt und Bau der Endplatten 191
Ueber Regeneration des Sehpurpurs beim Säugethiere von *W. C. Ayres* und *W. Kühne* 215
I. Autoregeneration 218
II. Postmortale Wirkung des Epithels 220
A. Im überlebenden Auge begegnet die Entfärbung des Sehpurpurs durch Licht Hindernissen, welche allmählich abnehmen 220
B. Im überlebenden Auge ist Regeneration des Sehpurpurs nach der Lichtwirkung nicht zu bemerken 222
III. Regeneration im Leben 226
A. Druckversuche 226
B. Regeneration nach gehemmtem Blutlaufe 229
C. Vom Einflusse des Belichtungsgrades auf die Regeneration 234
D. Versuche über den Einfluss einiger Nerven auf die Regeneration 235
E. Einfluss des Atropins und des Pilocarpins auf die Regeneration 237
Ueber die entoptische Wahrnehmung der Macula lutea und des Sehpurpurs von Dr. *August Ewald* 241
Notiz über die Wirkung des Silbernitrats auf die Nervenfaser von *L. v. Morochowetz* 249
Erklärung der Taf. X. 253
Zur Abwehr einiger Irrthümer über das Verhalten des Sehpurpurs von *W. Kühne* 254
Notiz über die Netzhaut der Eule von *W. Kühne* 257
Zur Verdauung bei den Krebsen von *C. Fr. W. Krukenberg* 261
Ueber ein peptisches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten und im Eidotter vom Huhne von *C. Fr. W. Krukenberg* 273
Mangan ohne nachweisbare Mengen von Eisen in den Concretionen aus

Digitized by Google

Seite.

dem Bojonus'schen Organe von Pinna squamosa. Gm. von *C. Fr. W. Krukenberg* . . . 287

Zur Dünndarmverdauung von Dr. med. *A. Masloff* . . . 290

Methoden zur Isolirung der Dünndarmenzyme . . . 290

Resultate der Versuche . . . 494

Zur Degeneration durchschnittener Nerven von Dr. *Th. Rumpf* . . . 307

Ueber das braune Pigment des Auges von Dr. *Karl Mays* . . . 324

Ueber die Enzymbildung in den Geweben und Gefässen der Evertebraten von *C. Fr. W. Krukenberg* . . . 338

Nachtrag zu den Untersuchungen über die Ernährungsvorgänge bei Cölenteraten und Echinodermen von *C. Fr. W. Krukenberg* . 366

Notizen zur Anatomie und Physiologie der Netzhaut von *W. Kühne* 378

Macula lutea und Fovea centralis . . . 378

Netzhautpigmente der Raubvögel . . . 380

Vorkommen der Schleiste . . . 383

Zur Verdauung bei den Fischen von *C. Fr. W. Krukenberg* . . . 385

Ueber die Verdauungsvorgänge bei den Cephalopoden, Gastropoden und Lamellibranchiaten von *C. Fr. W. Krukenberg* . . . 402

Notizen zur Literatur über die vergleichende Physiologie der Nutritionsprocesse von *C. Fr. W. Krukenberg* . . . 418

Ueber die Entstehung von Hypoxanthin aus Eiweissstoffen von *R. H. Chittenden*. . . . 424

Zur Chemie der Descemet'schen Membran von *H. F. A. Sasse* . . . 433

Beiträge zur Histochemie des Sehepithels von *R. H. Chittenden* . . . 438

Zum chemischen Verhalten des Sehpurpurs von *W. C. Ayres* . . . 444

Beobachtungen über die Absonderung des Pankreas von *W. Kühne* und *A. Sh. Lea*. Mitgetheilt von *W. Kühne* . . . 448

Bemerkungen zum Bau des Kaninchenpankreas . . . 455

Bemerkungen über die Blutgefässe des Pankreas . . . 459

Vorgänge im lebenden Pankreas . . . 465

a. An den Blutgefässen . . . 465

b. Vorgänge an der Drüse . . . 470

Versuchsprotokolle . . . 481

Erklärung der Abbildungen . . . 486

Bemerkungen zu Herrn *Hoppe-Seyler*'s Darstellung der Optochemie von *W. Kühne* . . . 488

Digitized by Google

In *Carl Winter's Universitätsbuchhandlung* in *Heidelberg* sind neu erschienen:

Vergleichend-physiologische Vorträge

von

Dr. C. Fr. W. Krukenberg.

I. **Die Bedeutung der vergleichenden Methode für die Biologie.** gr. 8⁰. brosch. 1 M. 20 Pf.

II. **Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Verdauung.** gr. 8⁰. brosch. 1 M. 60 Pf.

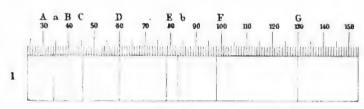
☞ Diese Vorträge werden die Hauptgrundzüge einer vergleichenden Physiologie in den einzelnen für die gesammte Biologie wichtigeren Abschnitten gemeinverständlich behandeln. In den Anmerkungen wird die Literatur möglichst vollständig angegeben werden, so daß der Biologe einerseits eine Anschauung von den Resultaten und Tendenzen der vergleichenden Physiologie erhält, und der Fachmann anderseits zugleich die Mittel, sich über den Stand der Kenntnisse in einem Specialfach in kürzester Frist informiren zu können.

Die weiteren Hefte werden enthalten: **Die Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Nerven und Muskeln, der Circulations- und Respirationsvorgänge, der Bewegungserscheinungen** u. s. w.

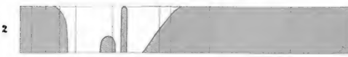
Jedes Heft ist einzeln käuflich. Mit dem letzten Heft wird ein Gesammttitel und Inhaltsverzeichniss geliefert.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

Digitized by Google



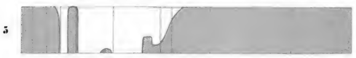
Rindsgalle (zwei Tage alt.)



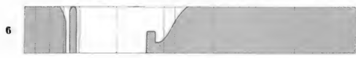
Alkoholisches Extract der Rindsgalle

Alk. Extract der Rindsgalle (concentrirtere Lösung.)

Alk. Extract der Leber von Eledone moschata.



Alk. Extract der Leber von Helix pomatia.

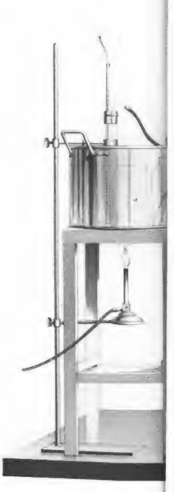


Alk. Extract der Leber von Limnaeus stagnalis.

Alk. Extract der Leber von Mytilus edulis.

Carl Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.

Digitized by Google

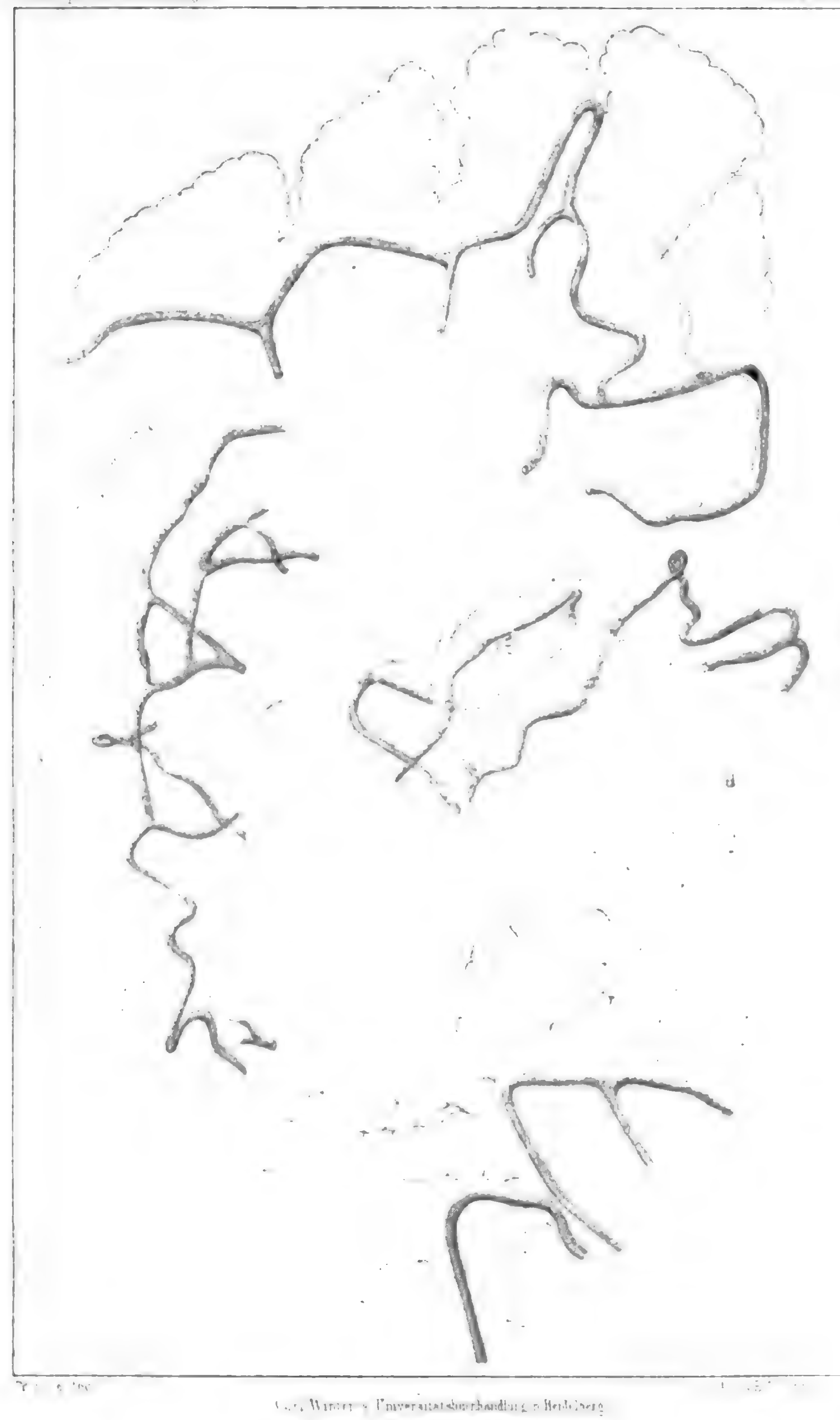


Digitized by Google

Digitized by Google

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung

Digitized by Google



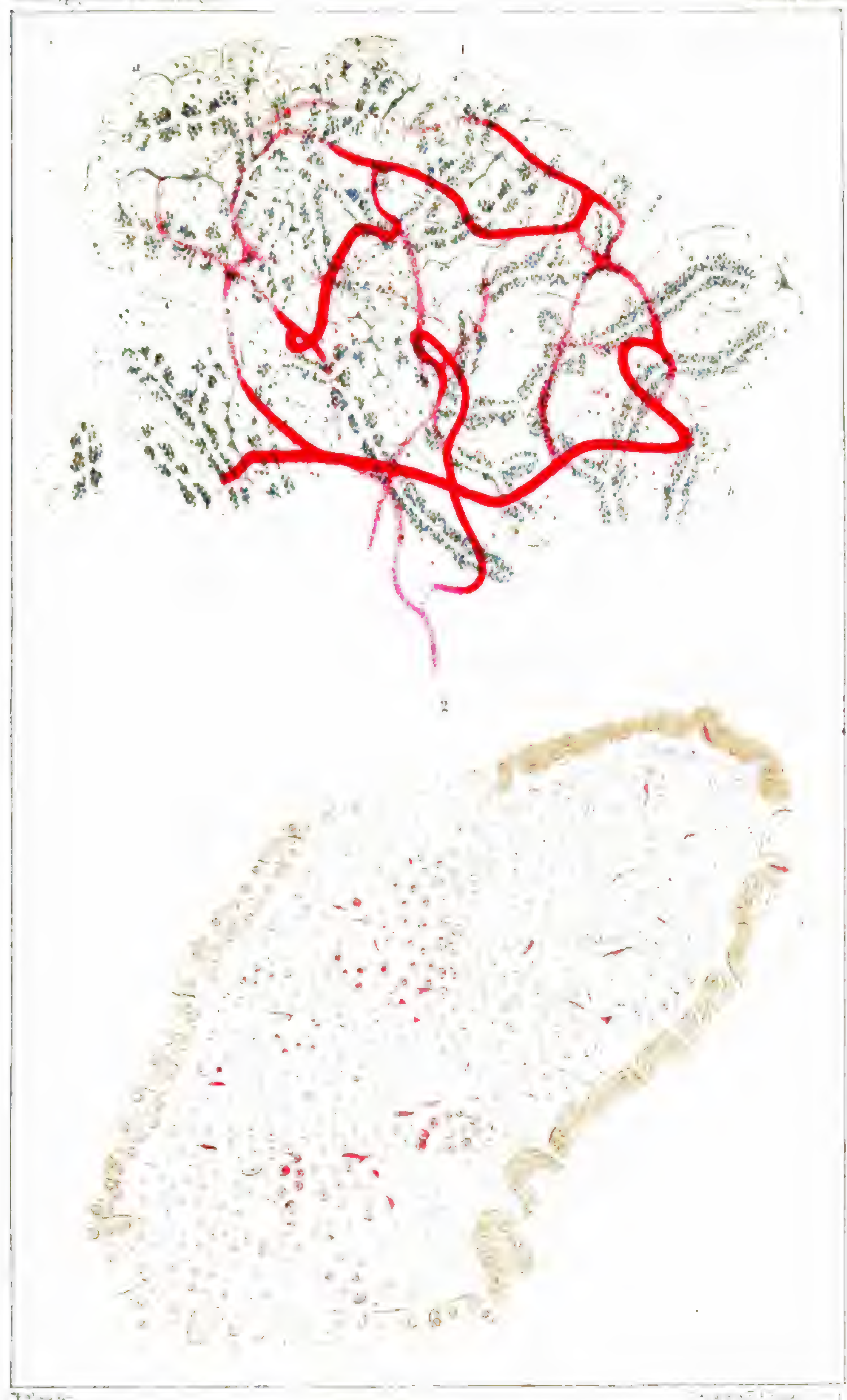
C. Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg

Digitized by Google

[illegible]

Digitized by Google

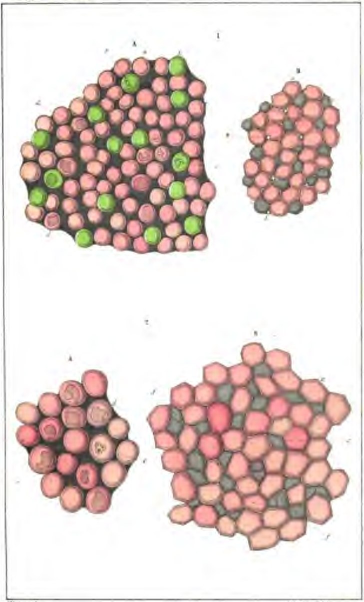
Digitized by Google



Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg.

Digitized by Google

Digitized by Google

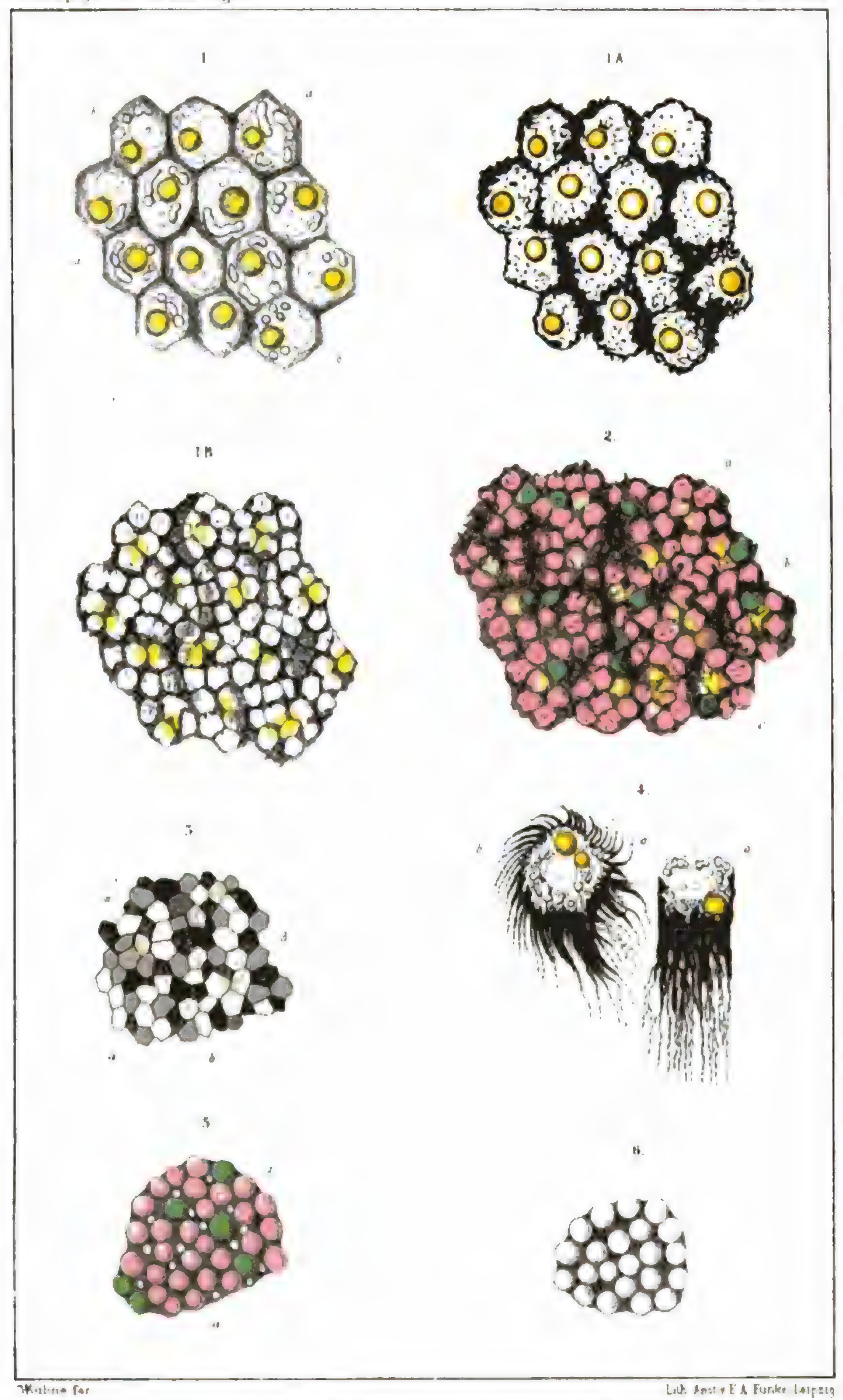


Wältine fec.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg.

Digitized by Google

Digitized by Google



Kühne fec. Lith. Anst. v. F. A. Funke, Leipzig

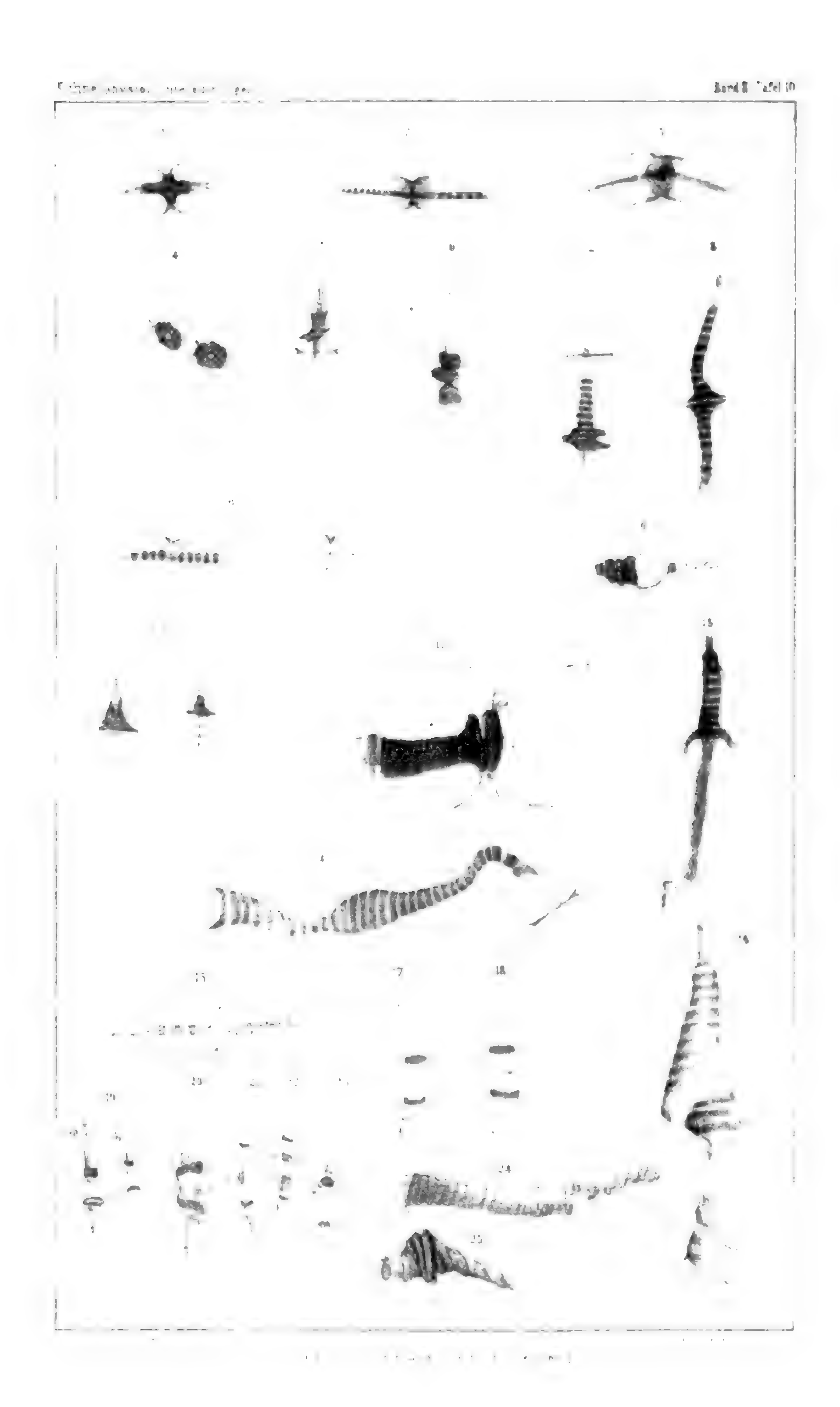
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg

Ewald del.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 03015 7302

Digitized by Google